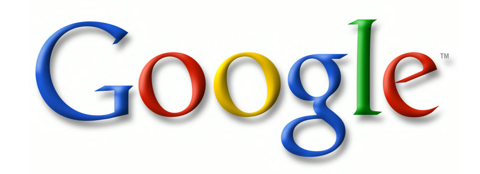
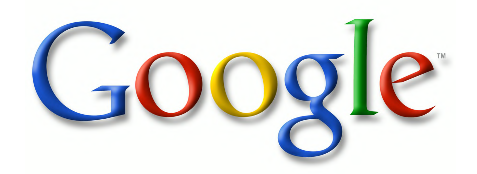
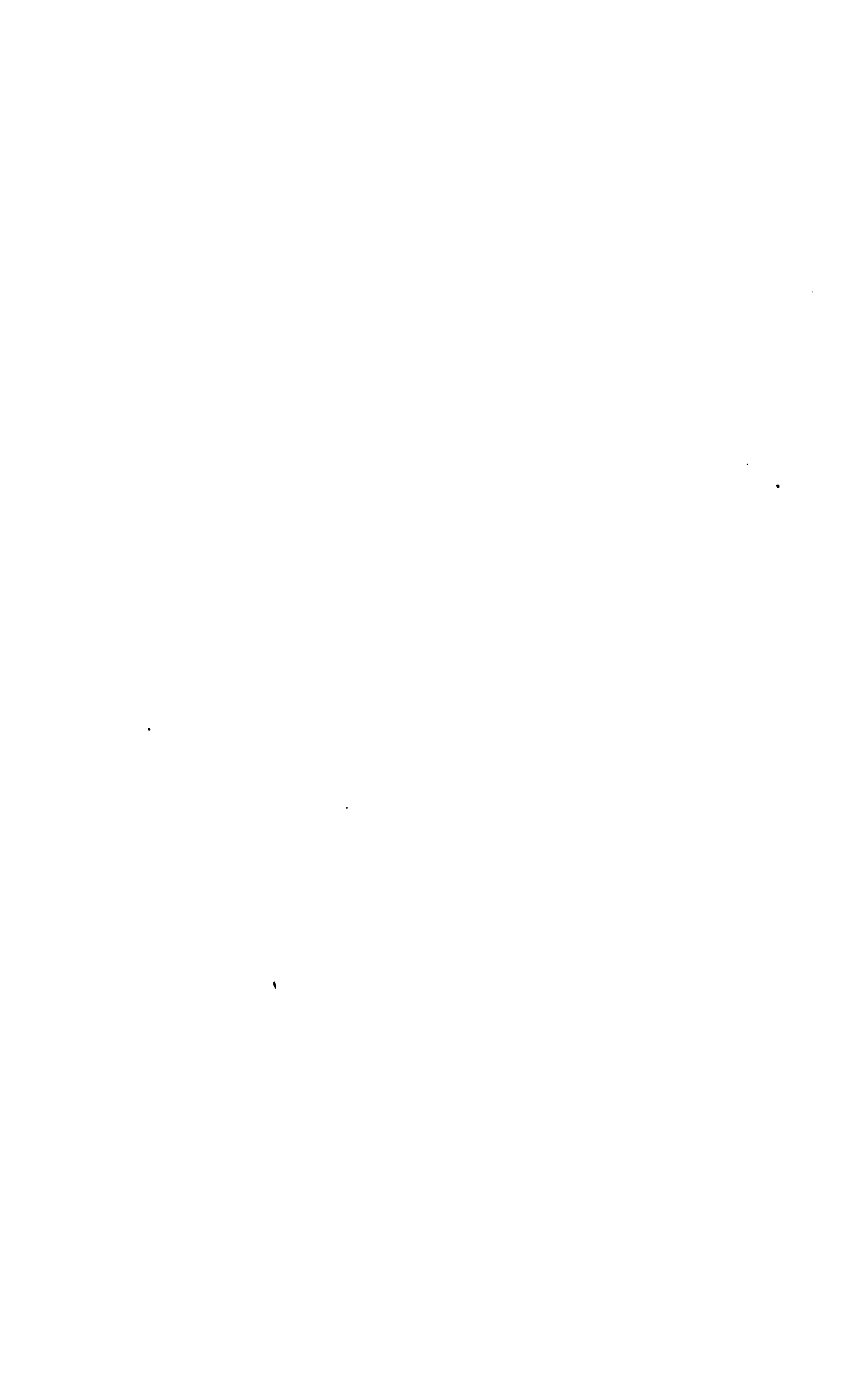














DIE DARSTELLUNG

DES

SCHMIEDBAREN EISENS

IN

PRAKTISCHER UND THEORETISCHER BEZIEHUNG.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

DIE DARSTELLUNG

DES

SCHMIEDBAREN EISENS

IN

PRAKTISCHER UND THEORETISCHER BEZIEHUNG.

VON

DR. HERMANN WEDDING,
Königlich Preussischem Bergrath.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1875.

VORREDE.

Die vorliegende dritte Abtheilung des Handbuchs der Eisenhüttenkunde umfasst die Darstellung des schmiedbaren Eisens, d. h. des Stahls, des Schmiedeisens und der zwischen beiden liegenden Eisenarten.

Der Verfasser, welcher schon in der zweiten Abtheilung die dem Werke ursprünglich zu Grunde gelegte Metallurgie von Percy mehr und mehr verlassen und sich zu einer vollkommen freien Bearbeitung des Stoffes gewendet hatte, zieht es vor, in dieser Abtheilung auch den letzten Rest der Abhängigkeit fallen zu lassen und Percy's in so vielen Beziehungen werthvolle Arbeit nicht anders als die übrigen brauchbaren literarischen Quellen des Eisenhüttenwesens zu benutzen.

Die bisher allgemein übliche Trennung in die Hauptabschnitte der Stahl- und der Schmiedeisenhüttenkunde ist als mit dem gegenwärtigen Standpunkte der Technik unvereinbar aufgegeben worden.

Der Verfasser hat sich, seinem bisherigen Verfahren getreu, bemüht, durch kritische Vergleiche der vorhandenen Methoden und Apparate und durch den Hinweis auf die Wege, welche voraussichtlich zu weiteren Verbesserungen führen können, dem Werke einen bleibenden Nutzen zu sichern, auch wenn die schnellen Fortschritte der Technik die zur Zeit der Veröffentlichung bekannten Verfahren überholt und verdrängt haben werden.



Inhaltsverzeichniss

der

dritten Abtheilung der Eisenhüttenkunde.

Darstellung des schmiedbaren Eisens.

Seite

Zweiter Abschnitt.

Das Stahlkohlen.

Dritter Abschnitt.

Das Zängen und Dichten.

Vierter Abschnitt.

Die Reinigung, Verbesserung und Formgebung.

*

Anhang:

Schutz des schmiedbaren Eisens gegen Rost und Härtung des Stahls.

Anordnung der Hüttenwerke zur Darstellung von schmiedbarem Eisen.

Einleitung.

Das Eisen ist schmiedbar, wenn sein Kohlenstoffgehalt 2·3 Proc. nicht überschreitet [1]). Die Schmiedbarkeit wächst mit der Abnahme des Kohlenstoffgehalts und in demselben Verhältnisse erhöht sich der Schmelzpunkt.

Das schmiedbare Eisen ist schweissbar [2]), und zwar um so leichter, je weiter die dazu erforderliche Temperatur von dem Schmelzpunkte liegt. Die Schweissbarkeit nimmt daher mit dem Wachsen des Kohlenstoffgehalts ab und erreicht ihr Ende vor der Grenze der Schmiedbarkeit. Die Härte des schmiedbaren Eisens nimmt mit dem Kohlenstoffgehalte zu. Das kohlenstoffärmere schmiedbare Eisen behält seine natürliche Härte unter allen Umständen bei; das kohlenstoffreichere schmiedbare Eisen dagegen nimmt, wenn es erhitzt und plötzlich abgekühlt wird, einen bedeutend höheren Härtegrad an, ist härtbar.

Die Härtbarkeit des schmiedbaren Eisens beginnt bei einem Kohlenstoffgehalte von ungefähr 0·6 Proc., steigt mit dem Kohlenstoffgehalte, erreicht aber das Maximum vor der Grenze der Schmiedbarkeit.

Das härtbare schmiedbare Eisen nennt man Stahl, das nicht härtbare Schmiedeisen. Die an der Grenze beider stehenden in der Technik vielfach verwendeten Eisenarten bezeichnet man mit abnehmendem Kohlenstoffgehalte als weichen Stahl, stahlartiges Eisen, Feinkorn oder Feinkorneisen und hartes Eisen. Die Bezeichnungen variiren oft auf den verschiedenen Hüttenwerken und der in früherer Zeit in Folge der sehr abweichenden Erzeugungsarten festgehaltene scharfe Unterschied zwischen Stahl und Schmiedeisen ist neuerdings nicht mehr durchzuführen.

---

[1]) Man vergleiche Eisenhüttenkunde, Abtheilung I Seite 130: „Eisen und Kohlenstoff." — [2]) Abth. I, Seite 7. Die Citate aus den beiden ersten Abtheilungen der Eisenhüttenkunde werden im Folgenden ohne weitere Bezeichnung in anstehender Weise erfolgen.

Aus diesem Grunde lässt sich auch eine Trennung zwischen Stahlhüttenkunde und Schmiedeisenhüttenkunde nicht mehr rechtfertigen.

Man hat neuerdings vorgeschlagen, alles schmiedbare Eisen als Stahl zu bezeichnen, welches vor der Verarbeitung sich im flüssigen Aggregatzustande befunden habe, es stimmt eine solche Bezeichnung aber zu wenig mit dem allgemeinen Sprachgebrauche, um angemessen zu erscheinen.

Das specifische Gewicht des schmiedbaren Eisens sinkt mit dem Kohlenstoffgehalte, und vermindert sich ausserdem beim Stahl durch Härtung. Die absolute Festigkeit wechselt nach den Arten der Herstellung und Verarbeitung und zwar im Allgemeinen in der Weise, dass sie mit dem weiteren Ausrecken steigt. Unter sonst gleichen Verhältnissen erreicht sie aber ihr Maximum bei einem mittleren Kohlengehalte von circa 1 Proc. Der Stahl verliert mit dem Härten an absoluter Festigkeit.

Die Krystallform des schmiedbaren Eisens gehört dem regulären System an. Die Grösse der einzelnen Krystalle nimmt unter sonst gleichen Umständen mit dem Kohlenstoffgehalte bis zur Grenze von etwa 2 Proc. ab, dann wieder zu. Diese Krystalle (Korn) lassen sich durch Druck um so leichter in der Richtung einer Axe ausstrecken (in Sehnen umbilden), je geringer der Kohlenstoffgehalt ist. Hämmern, sowie andere starke und wiederholte Erschütterungen führen ein Zerfallen der gestreckten Krystalle herbei, und zwar um so leichter, je höher der Kohlenstoffgehalt ist; die technische Möglichkeit Sehne zu bilden hört in Folge dessen schon bei circa 0·6 Proc. Kohlenstoff gänzlich auf.

Die physikalischen Eigenschaften des reinen schmiedbaren Eisens, d. h. desjenigen, welches nur Kohlenstoff enthält, werden wesentlich durch Aufnahme fremder Stoffe geändert. Die Schmiedbarkeit kann dann schon weit unter der Grenze von 2·3 Proc. aufhören, ja in der Praxis pflegt man deshalb selten Eisen von mehr als 1·6 Proc. Kohlenstoff anzuwenden. Die meisten fremden Stoffe vermindern die Schweissbarkeit, nur Phosphor erhöht sie.

Die Härtbarkeit wird im Allgemeinen durch fremde Beimengungen auf ein Eisen von niedrigerem Kohlenstoffgehalt übertragen, so dass ein solches schon bei weniger als 0·6 Proc. Kohlenstoff stahlartige Eigenschaften annehmen kann. Mangan, Silicium, Arsen, Zinn, Wolfram, Titan, Chrom erhöhen die Härte. Dieselben Stoffe wirken, ebenso wie Schwefel, auf Bildung kleiner Krystalle (feinkörniger Structur), während Phosphor die Bildung grösserer Krystalle (grobkörniger Structur), Schwefel die Neigung zur Sehnenbildung befördert. Die Festigkeit wird durch Silicium in dem Maasse beeinträchtigt, dass das Eisen bei 0·4 Proc. im kalten wie warmen Zustande brüchig (faulbrüchig) wird. Phosphor vermindert die Festigkeit besonders im kalten Zustande des Eisens (Kaltbruch). Sein Einfluss steigt mit dem Kohlenstoffgehalte, so dass derselbe Phosphorgehalt einen Stahl un-

brauchbar machen kann, der in einem Schmiedeisen kaum merkbaren Nachtheil äussert. Schwefel wirkt umgekehrt besonders nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens in der Glühhitze (Rothbruch), aber sein Einfluss nimmt mit dem Steigen des Kohlenstoffgehaltes ab; ähnlich wirkt Kupfer.

Während die Begründung des angegebenen Einflusses der Behandlungsweise und der chemischen Zusammensetzung auf die physikalischen Eigenschaften des schmiedbaren Eisens durch Erfahrungszahlen für den Schluss des Werkes verspart bleiben muss, lässt sich doch schon im Voraus behaupten, dass der Hüttenmann, bis auf einzelne bestimmte Ausnahmsfälle, bestrebt sein muss, nicht nur ein Eisen von einem bestimmten Kohlenstoffgehalte zu erzielen, sondern gleichzeitig möglichste Freiheit von fremden Stoffen zu erreichen, um sicher zu sein, physikalische Eigenschaften in dem Producte zu erhalten, welche seiner Verwendungsart entsprechen.

Das Eisen tritt in den Erzen immer im oxydirten Zustande auf[1]. Es muss daher stets durch Reduction gewonnen werden. Die in der Technik zur Reduction verwerthbaren Stoffe bestehen in kohlenstoffhaltigen Substanzen. Da bei der Reduction des Eisenoxydes durch kohlenstoffhaltige Substanzen nur ein kohlenstoffhaltiges Eisen erzeugt wird und zugleich die Höhe des Kohlenstoffgehaltes von der angewendeten Temperatur abhängig ist, so könnte auch ein schmiedbares Eisen von jedem beliebigen Kohlenstoffgehalte ohne Schwierigkeit durch directe Reduction erzeugt werden, wenn nicht gleichzeitig das in der Form der Erze in der Natur vorkommende oxydirte Eisen mit einer meist sehr grossen Menge fremder Substanzen (Gangarten) gemengt wäre, von denen das reducirte und gekohlte Eisen abgeschieden werden muss. Eine solche Abscheidung ist ohne gleichzeitigen bedeutenden Eisenverlust der Regel nach nur bei Bildung geschmolzener Massen möglich, daher gelingt es zwar in einzelnen Fällen, wo sehr reiche und reine Erze zu Gebote stehen, mit ökonomischem Vortheile durch directe Reduction oder Rennarbeit[2], ein schmiedbares Eisen im Grossen zu erzeugen, in den bei weitem meisten Fällen dagegen ist man gezwungen behufs Abscheidung jener fremden Substanzen zuvörderst ein hoch gekohltes Eisen (Roheisen) darzustellen, welches im flüssigen Zustande gewonnen, sich leicht von der neben ihm erhaltenen eisenfreien Schlacke absondern lässt. Dies geschieht durch den Hochofenprocess[3].

In Folge der hohen Temperatur, welche zur Erzeugung des Roheisens angewendet werden muss, reduciren sich neben dem Eisen noch manche andere Substanzen und gehen in das Roheisen über. Dahin gehören namentlich Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel. Um aus

[1]) Vergl. Abth. I, Seite 269. — [2]) Die Rennarbeiten sind ausführlich in der 1. Abth. Seite 487 bis 609 beschrieben und kritisirt worden. — [3]) Der Hochofenprocess ist in der 2. Abth. Seite 1 bis 864 behandelt.

dem Roheisen ein schmiedbares Eisen herzustellen ist daher nicht nur eine Abscheidung des Kohlenstoffs in dem Maasse erforderlich, dass das Product einen dem Zwecke seiner Verwendung entsprechenden geringeren Kohlenstoffgehalt behält, sondern es ist auch gleichzeitig eine Absonderung jener in das Roheisen übergeführten Substanzen geboten.

Die Abscheidung sowohl des Kohlenstoffs als der anderen Substanzen geschieht durch Oxydation. Die Processe, welche die Aufgabe erfüllen, aus dem Roheisen schmiedbares Eisen darzustellen, sind daher Oxydationsprocesse. Das Roheisen wird hierbei der Regel nach im flüssigen Zustande angewendet und muss in diesen durch Schmelzung übergeführt werden, wenn es nicht direct aus dem Hochofen zur Verwerthung gelangen kann. Die Oxydation des flüssigen Roheisens nennt man Frischen oder Frischarbeit.

Der bei weitem grösste Theil alles in der Technik benutzten Stahls und Schmiedeisens wird unter Anwendung der Frischarbeit erzeugt; nur geringe Mengen schmiedbaren Eisens (schmiedbares Gusseisen und Glühstahl) werden zwar ebenfalls durch Oxydation des Roheisens aber ohne dessen vorgängige Ueberführung in den flüssigen Aggregatzustand dargestellt.

Gerade wie bei der Reduction des Eisenoxyds die bestimmte Grenze schwer festzuhalten ist, bei welcher der gewünschte Kohlungsgrad eines schmiedbaren Eisens erfolgt [1]), sondern ein höherer Kohlungsgrad absichtlich herbeigeführt wird, so setzen sich in vielen Fällen und namentlich dann, wenn ein schmiedbares Eisen höheren Kohlenstoffgehalts, d. h. Stahl erzeugt werden soll, der Abscheidung des Kohlenstoffs bis zu dem gewünschten Grade technische Schwierigkeiten in den Weg, welche dazu führen zuvörderst ein ganz kohlenstoffarmes Eisen (Schmiedeisen) zu erzeugen und diesem von Neuem so lange Kohlenstoff zuzufügen, bis die gewünschte Kohlenstoffmenge erreicht ist. Die genannten Schwierigkeiten liegen einestheils an dem Mangel hinreichend sicherer Kennzeichen für das Stadium, in welchem das gewünschte Product erreicht ist, anderentheils in der Unmöglichkeit, welche häufig eintritt, in gleicher Zeit, wie die erforderliche Menge Kohlenstoff auch die anderen schädlichen Substanzen abzuscheiden, welche in dem Roheisen ursprünglich enthalten waren oder während des Processes in das Eisen gekommen sind [2]).

Da das Product der erneuten Kohlung eines ganz oder beinahe entkohlten Eisens der Regel nach Stahl zu sein pflegt, so nennt man die ganze zu diesem Ziele führende Reihe von Hüttenprocessen auch das Stahlkohlen, obwohl man auch kohlenstoffreichere Schmiedeisensorten durch denselben Vorgang erhalten kann. Die Zuführung von Kohlenstoff geschieht am häufigsten durch Schmelzen mit kohlenstoffreichem Eisen, d. h. Roheisen, dann nennt man das Product Flussstahl; wendet

---

[1]) Vergl. Abth. I, S. 573. — [2]) Namentlich Schwefel, Phosphor einerseits und Sauerstoff andererseits.

man zum Kohlen reinen Kohlenstoff an, so entsteht, wenn dabei eine Schmelzung eintritt, Kohlenstahl, wenn dagegen der feste Aggregatzustand des Eisens nicht verändert wird, Cementstahl.

So werden die Arbeiten, welche zur Darstellung des schmiedbaren Eisens durch den indirecten Weg, d. h. im Ausgang von Roheisen, dienen, in die zwei Hauptabtheilungen

1. das Frischen und
2. das Stahlkohlen

gebracht werden können.

Keine dieser Arbeiten wird, wie der Hochofenprocess, in ununterbrochener Arbeit ausgeführt, vielmehr in kürzeren, sich der Regel nach im Verlaufe eines Tages mehrfach wiederholenden Abtheilungen, deren jede man eine Hitze oder Heisse nennt. Das dazu benutzte Material, welches etwa der Gicht beim Hochofenbetriebe entspricht, wird hier Satz genannt [1]).

Das schmiedbare Eisen wird durch diese Processe entweder im teigigen (festen) oder flüssigen (geschmolzenen) Aggregatzustande erhalten. Im ersten Falle ist es mehr oder minder mit einer Schlacke gemengt, welche aus den oxydirten Verunreinigungen des Roheisens und einem der Regel nach nicht unbedeutenden Gehalte oxydirten Eisens zusammengesetzt ist, und welche sich nicht ohne Weiteres aus dem Eisen ausschmelzen lässt; im zweiten Falle scheidet sich zwar die Schlacke leichter von dem flüssigen Product, aber letzteres enthält häufig gasförmige Substanzen, welche beim Erstarren zur Bildung zahlreicher Blasenräume Veranlassung geben. Beide Uebelstände werden durch mechanische Arbeiten beseitigt, welche man das Zängen und das Dichten nennt. Gewöhnlich verbindet man diese Arbeiten mit der Ueberführung des Metalls in eine bestimmte Form, einer Formgebung, der Regel nach aber folgt die eigentliche Formgebung, welche dann mit einer weiteren Reinigung und Verbesserung verbunden zu sein pflegt, den genannten Arbeiten nach. Zuweilen werden Formgebungsarbeiten auch zwischen die eigentlichen chemischen Hüttenprocesse eingeschaltet; so wird z. B. Cementstahl der Regel nach aus wohl ausgeschmiedeten oder gewalzten Flachstäben dargestellt. Was die Reinigungs- und Verbesserungsarbeiten anbetrifft, so bestehen sie entweder in der Schweissarbeit, welche sowohl für Schmiedeisen wie für Stahl (Gärbstahl) angewendet wird und mit der gleichzeitig eine Vereinigung verschiedenartiger Eisensorten verbunden sein kann, oder in einer Umschmelzarbeit, welche nur für den leichtschmelzigeren Stahl benutzt und deren Product Gussstahl genannt wird. Schliesslich kommt alles schmiedbare Eisen, sowohl Stahl wie Schmiedeisen, in der Form des Bleches

[1]) Für Beides, sowohl Hitze als Satz, wendet man vielfach auch in der Technik das Fremdwort Charge an, welches indessen, abgesehen von seinem Doppelsinn, nicht bezeichnend und im Deutschen sehr wohl entbehrlich ist.

des Stabeisens oder des Drahtes in den Handel und geht aus der Hand des Hüttenmannes als Producenten in die Hand des Fabrikanten über. Nur in einzelnen Fällen übernimmt der Erstere noch weitere Verfeinerungsarbeiten, wie Verzinnung, Verzinkung, Härtung u. s. w.

Hiernach werden sich an die obengenannten beiden Abschnitte noch

3. das Zängen und Dichten,
4. die Reinigung, Verbesserung und Formgebung,
5. die Vervollkommnung des Schmiedeisens und Stahls

anzuschliessen haben.

ERSTER ABSCHNITT.

DAS FRISCHEN.



Verhalten
des
Roheisens gegen die atmosphärische Luft.

Kohlenstoff und Silicium.

Wird Roheisen bei hoher Temperatur der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt, so findet neben der Oxydation des Eisens eine Oxydation der übrigen Bestandtheile in einer bestimmten Reihenfolge statt.

Verhalten des flüssigen Roheisens. Enthält ein geschmolzenes Roheisen nur Kohlenstoff und Silicium, so ist der Vorgang folgender:

Zuvörderst wird das Silicium oxydirt und verbindet sich mit dem oxydirten Eisen zu kieselsaurem Eisenoxydul. Die Verbindung (Schlacke) ist anfangs ein Bisilicat, $Fe\,Si\,O_3$ oder $Fe\,O, Si\,O_2$ [1]), und bleibt es so lange als noch unoxydirtes Silicium vorhanden ist. Dann wird nur Eisen oxydirt und es entsteht allmälig ein Singulosilicat, $Fe_2\,Si\,O_4$ oder $2\,Fe\,O, Si\,O_2$ [2]). Hiermit ist die niedrigste Silicirungsstufe des Eisenoxyduls erreicht [3]) und es kann fortan nur das Eisen allein einer weiteren Oxydation unterliegen. Die Eisensilicate sind bei der Schmelztemperatur des Eisens hinreichend flüssig, um sich als Schlacke leicht von dem Eisen abzusondern und wenn Ruhe eintritt als die specifisch leichteren Körper auf demselben zu schwimmen. Der Kohlenstoff ist in dieser ganzen Zeit nicht berührt worden. Seine Menge ist absolut dieselbe geblieben, hat sich dagegen in Folge der Oxydation von Eisen relativ, d. h. procental vermehrt. Hatte das Roheisen einen Theil des Kohlenstoffs in der Form des Grafits (im flüssigen Zustande gelöst) enthalten, so ist dieser mit der Abscheidung des Siliciums in den amorphen oder chemisch gebundenen Zustand übergegangen. Lässt man daher jetzt das Pro-

---

[1]) Die Formel der Kieselsäure ist, nachdem die ältere, $Si\,O_3$, allgemein aufgegeben worden, nur als $Si\,O_2$ beibehalten. Neben den Aequivalent-Formeln der Verbindungen finden sich stets auch die atomistischen angeführt. — [2]) Nämlich $Fe\,Si\,O_3 + Fe\,O = Fe_2\,Si\,O_4$. — [3]) Vergl. Abtheilung I, Seite 121 u. f.

duct erstarren, so zeigt sich an Stelle eines eingeschmolzenen grauen ein weisses Roheisen.

Da Eisenoxydul für sich nicht bestehen kann, so bildet sich bei der weiter fortschreitenden Oxydation sofort die sehr beständige Verbindung des Oxydoxyduls. Dasselbe ist in bedeutender Menge im Eisensingulosilicat löslich; je mehr sich davon löst, um so höher steigt indessen der Schmelzpunkt der Schlacke.

Nun erst, wenn Eisenoxydoxydul im gelösten Zustande vorhanden ist, beginnt eine Oxydation des Kohlenstoffs durch dasselbe; der Kohlenstoff geht in das gasförmige Kohlenoxyd über, während eine entsprechende Menge Eisenoxydoxydul wieder zu Eisen reducirt wird [1]).

Unter der Voraussetzung, dass gleichzeitig die Oxydation fortgeht, wird das Eisen immer von Neuem oxydirt werden. Es kann daher das Eisenoxydoxydul nur als der Vermittler zwischen dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft und dem Kohlenstoff des Eisens angesehen werden. Dieser Vorgang setzt sich so lange fort, als noch Kohlenstoff im Eisen vorhanden ist; es wird das letztere daher alle Grade der Kohlung zwischen dem Materialroheisen und dem reinen Eisen durchlaufen können. Ist das Eisen schliesslich frei von Kohlenstoff, so beginnt eine Oxydation desselben zu Eisenoxydoxydul und schliesslich zu Oxyd in seiner ganzen Masse.

Einige Abänderungen erleidet dieser ganze Vorgang in der Praxis in Folge der Massenwirkung des Eisens im Gegensatz zu den verhältnissmässig geringen Mengen des mit ihm verbundenen Siliciums und Kohlenstoffs. Es findet sich demnach noch oft Silicium, in allerdings meist geringen Spuren, in dem mehr oder weniger entkohlten Eisen und umgekehrt bereits Sauerstoff in dem noch nicht ganz entkohlten Eisen.

Der Vorgang der Siliciumabscheidung wird in der Praxis das Feinen oder Läutern des Roheisens genannt und häufig als ein besonderer Process von dem eigentlichen Entkohlungsprocess, dem Frischen, nach Ort und Zeit getrennt.

Beim Entkohlen pflegt man zwei Perioden zu unterscheiden, das Rohfrischen, bei welchem der Kohlenstoffgehalt bis zu dem des Stahls hinabgeführt wird, und das Garfrischen, bei welchem aus dem Eisen vom Kohlenstoffgehalt des Stahls ein kohlenstoffarmes Schmiedeisen erzeugt wird. Es liegt auf der Hand, dass eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Perioden nicht existiren kann. Daher ist auch der Arbeiter darauf angewiesen, aus mehr oder minder deutlichen äusseren

[1]) Im Allgemeinen könnte das sich bildende Oxydoxydul als von der Zusammensetzung $Fe_6 O_7$ oder $4 Fe O, F_2 O_3$ angenommen werden ($7 C + Fe_6 O_7$ oder $7 C + 4 Fe O, Fe_2 O_3$ geben dann $7 C O + 6 Fe$). Die Anziehung derartiger Schlacken durch den Magneten lässt indessen mehr auf die Bildung von $Fe_3 O_4$ oder $Fe O, Fe_2 O_3$ schliessen, wobei $4 C + Fe_3 O_4$ oder $4 C + Fe O, Fe_2 O_3$ $4 C O + 3 Fe$ geben würden.

Kennzeichen den Kohlungsgrad des unter seinen Händen befindlichen Products zu beurtheilen. Eine chemische Untersuchung des Kohlenstoffgehaltes ist selbst unter Anwendung der kürzesten analystischen Proben, welche bisher bekannt geworden sind, nur in seltenen Fällen möglich, da bis zur Erreichung eines Resultates längst der Process in ein ganz anderes Stadium getreten ist.

Es ist leicht erklärlich, dass die Oxydation des Kohlenstoffs um so mächtiger vorangeht, je mehr von letzterem vorhanden ist und je mehr das gebildete Eisenoxydoxydul mit den einzelnen kohlenstoffhaltenden Eisentheilchen in Berührung kommen kann. Daher ist auch die Rohfrischperiode von der Garfrischperiode gewöhnlich durch ein lebhafteres Auftreten der Kohlenoxydgasentwickelung unterschieden. Diese Lebhaftigkeit führt oft zu eigenthümlichen Interferenzerscheinungen. Es bildet sich eine grosse Menge Oxydoxydul, welche ihren Sauerstoff so kräftig an den Kohlenstoff abgiebt, dass das gebildete Kohlenoxydgas nicht schnell genug entweichen kann und Eisen und Schlacke zu einem dem Kochen ähnlichen Aufwallen bringt, welches unter günstigen Umständen einen eruptionsähnlichen Charakter annehmen kann. Hierdurch ist nun der Gehalt an Sauerstoff erschöpft und es bedarf erst wieder einiger Zeit um Oxydoxydul zu bilden, welches dann von Neuem in ähnlicher Weise wirkt. Nimmt der Kohlenstoffgehalt ab, geht er namentlich unter die Grenze des Stahls, so wird diese Erscheinung seltener oder hört ganz auf.

Verhalten des glühenden Roheisens. Nicht unwesentlich verschiedene Erscheinungen treten auf, wenn erhitztes Roheisen der Einwirkung atmosphärischer Luft ausgesetzt wird, ohne dass Schmelzung eintritt. Die Einwirkung der atmosphärischen Luft ist so lange das Roheisen nicht glüht, sehr gering, in der Glühhitze dagegen um so energischer, je höher die Temperatur steigt. Es wird stets zuvörderst eine Kruste von Glühspan (Eisenoxydoxydul) gebildet [1]). Dieser Glühspan wirkt oxydirend auf den Kohlenstoff des Roheisens ein [2]), soweit der letztere sich im chemisch gebundenen Zustande befindet, dagegen nicht auf Grafit. Es kann daher unter der Voraussetzung, dass das Roheisen der weissen Art angehörte, d. h. nur amorphen Kohlenstoff enthielt, durch Oxydation der Luft ohne jede Schmelzung eine vollkommene Entkohlung stattfinden. Bei verhältnissmässig geringen Temperaturen scheint das Silicium von diesem Vorgange nicht berührt zu werden, wohl ist dies aber bereits der Fall, wenn lebhaftere Rothglut eintritt. Es bildet sich dann Kieselsäure, die sich mit Eisenoxydul zu einer

---

[1]) Die Glühspanbildung ist bei allen Roheisensorten weit geringer als bei Schmiedeeisen, nimmt überhaupt mit der Zunahme von Kohlenstoff ab. — Gusseiserne Roststäbe halten sich lange unversehrt, schmiedeiserne nur, wenn sie gut gekühlt, d. h. vor dem Erglühen geschützt sind. — [2]) Vergleiche Abth. I, S. 143.

leichtflüssigen, aussaigernden Schlacke verbindet, ohne dass doch der Aggregatzustand des Eisens selbst geändert würde. So kann man je nach der angewendeten Temperatur ein mehr oder weniger siliciumarmes und entkohltes Eisen erhalten und auch aus silicium- und kohlenstoffhaltigem Eisen dadurch Stahl wie Schmiedeisen von hinreichender Reinheit für die technische Verwendung erzielen. Dieselben Vorgänge finden in beschränktem Maasse statt, wenn das Roheisen zwar im flüssigen Zustande entkohlt werden soll, aber vorher unter Einfluss der Luft eingeschmolzen wird.

Arten der Frischprocesse.

Die Art, wie in der Praxis die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf das zu entkohlende Roheisen herbeigeführt wird, bedingt die verschiedenen Frischmethoden. Im Wesentlichen giebt es deren vier; drei bedienen sich des flüssigen, die vierte des festen Roheisens; von den ersteren wendet nur eine das Roheisen in fertig geschmolzenem Zustande an, die beiden anderen verbinden mit dem Frischprocesse die Einschmelzung.

Man unterscheidet hiernach zuvörderst die drei mit flüssigem Roheisen arbeitenden Frischprocesse als:

1. Herdfrischprocess,
2. Flammofenfrischprocess oder Puddeln,
3. Bessemerprocess, Bessemern oder Windfrischen.

An diese schliesst sich der mit festem Roheisen arbeitende Process:

4. das Glühfrischen, an.

Herdfrischen, Puddeln und Bessemern. Bei dem Herdfrischprocess fällt das tropfenweis von Stücken (Gänzen) abschmelzende Roheisen durch einen vermittelst eines Gebläses erzeugten Windstrom.

Bei dem Puddeln wird das Roheisen zu einem flachen Bade eingeschmolzen und der Luft durch Umrühren Zutritt verschafft.

Bei dem Bessemern wird Wind in fein vertheilten Strahlen durch eine Säule von geschmolzenem Roheisen geführt.

Der chemische Vorgang ist bei allen drei Processen genau derselbe, die Art der Sauerstoffzuführung hat aber einen wesentlichen praktischen Einfluss, welcher sich am einfachsten durch den Vergleich der Zeit anschaulich machen lässt. Um 100 Centner Roheisen in schmiedbares Eisen überzuführen erfordert, die Anwendung je eines Frischapparates vorausgesetzt, das Herdfrischen 1½ Woche, das Puddeln 1½ Tag, das Bessemern 20 Minuten. Der wesentlichste Grund zu dieser Verschiedenheit ist in der mehr oder weniger innigen Berührung der Luft

mit dem Roheisen zu finden. Die drei Processe zeigen aber auch andere auf ihren Erfolg einwirkende Unterschiede. Beim Herdfrisch- und Puddelprocess beginnt die Oxydation beim Einschmelzen, und der Process kann wesentlich durch Vermittelung der bereits gebildeten Schlacken durchgeführt werden, beim Bessemern fällt das Einschmelzen fort und die Schlackenbildung muss daher erst im flüssigen Roheisen erfolgen.

Der Herdfrischprocess wird in einem kleinen aus Eisenplatten gebildeten Herde unter Anwendung von Holzkohlen und in unmittelbarer Berührung des Eisens mit letzteren ausgeführt, der Puddelprocess in einem Flammofen unter Einwirkung der verbrennenden Gase einer getrennten Feuerung. Der oxydirende Einfluss der Luft ist daher beim Einschmelzen im Herde stets sehr gering und die Oxydation beginnt erst in nennenswerthem Grade in dem Augenblicke, in dem die Eisentropfen den eingeblasenen Windstrom passiren. Im Puddelofen kann dagegen je nach Beschaffenheit der Gase im Flammofen schon beim Einschmelzen eine wesentliche Oxydation stattfinden und in der That ist auch das eingeschmolzene Roheisenbad immer von einer Schlackendecke überzogen, welche jede fernere Oxydation begrenzen würde, wenn nicht durch mechanische Mittel (Rühren und Kratzen, oder Rotation des Ofens) die Schlackendecke durchbrochen und das Eisen für die Einwirkung der Luft blossgelegt würde. Beim Bessemern ist das Ziel am vollkommensten erreicht. Hier durchdringen zahlreiche Luftströme die in einem birnenförmigen Gefässe (der Birne) enthaltene flüssige Eisensäule und weder die Berührung mit reducirendem Brennmaterial noch der Schutz einer Schlackendecke wirkt der Oxydation entgegen.

Wärmeentwickelung. Durch die Oxydation des Eisens, des Siliciums und des Kohlenstoffs wird Wärme erzeugt. Die durch die Verbrennung des Kohlenstoffs hervorgebrachte Wärme [1]) kommt dem Processe selbst nur in geringem Maasse zu Gute, da das Product, Kohlenoxyd, ein Gas ist, welches ohne längere Berührung mit dem Eisen entweicht. Dagegen überträgt sich die durch die Verbrennung des Siliciums und Eisens unter Bildung von kieselsaurem Eisenoxydul entwickelte Wärme beinahe ganz auf das Gemisch von Schlacke und Eisen. Es wird daher unter sonst gleichen Umständen die Wärmeentwickelung um so grösser sein, je reicher das Eisen an Silicium ist, und wenn zu einem der drei Frischprocesse graues siliciumreiches Roheisen gebraucht wird, weit bedeutender ausfallen, als wenn weisses silicium-

[1]) Obwohl der Kohlenstoff nicht direct, sondern nur durch Vermittelung des Eisenoxydoxyduls verbrennt, so ist doch die Wärmeentwickelung genau so gross, als wenn eine directe Verbrennung stattfände, da durch die Reduction des Eisenoxydoxyduls gerade soviel Wärme verloren geht, als durch dessen Bildung gewonnen war. Weiter unten werden die Verbrennungswärmen genauer in Zahlen angegeben werden.

armes oder gar ein durch Feinung weiss gemachtes Roheisen benutzt wird. Die bei einem Frischprocesse durch die genannten chemischen Vorgänge erzeugte Wärme kommt dem Processe um so mehr zunutz, je geringer der mechanische Wärmeverlust durch Strahlung und Leitung ist; es wird daher in erster Linie um so weniger Wärme verloren, je mehr Roheisen gleichzeitig verarbeitet wird, je kürzer der Process dauert und je weniger der Abkühlung ausgesetzte Oberfläche das Eisen bietet. Unter den zum Frischen verwendeten Apparaten wirkt am günstigsten auf das Zusammenhalten der Wärme der Frischherd, danach die Bessemerbirne und am ungünstigsten zeigt sich die Form des Puddelofens. Aber die Kürze der Dauer und die Anwendung der grössten Roheisenmengen begünstigt den Bessemerprocess so sehr vor den beiden anderen, dass nicht nur das für den Herdfrisch- und Puddelprocess während des Frischens erforderliche, besondere Brennmaterial gänzlich entbehrt werden kann, sondern dass auch an Stelle eines nur teigigen Productes, welches diese letzteren beiden Processe liefern, ein vollkommen flüssiges schmiedbares Eisen erzielt werden kann. Hierdurch wird es erklärlich, dass sich beim Bessemern Schlacken und Eisen sehr vollständig von einander trennen lassen, während beim Herdfrisch- und ganz besonders beim Puddelprocess der Einschluss von bedeutenden Schlackenmengen zwischen dem fertig gefrischten Eisen gar nicht zu vermeiden ist.

Glühfrischen. Was schliesslich den Glühfrischprocess betrifft, so kommt bei demselben nur ein Unterschied zur Geltung, je nachdem die Form des Productes möglichst genau der des Materials entsprechen muss (Erzeugung schmiedbaren Gusseisens), oder ob die Form gleichgültig ist, weil noch ein weiterer Schweiss- oder Umschmelzprocess folgen soll (Glühstahlerzeugung).

Art des Einschmelzens. Je langsamer ein Roheisen einschmilzt und je länger es in einem teigigen Zustande verweilt, ehe es ganz flüssig wird, um so mehr werden bereits beim Einschmelzen selbst die Erscheinungen des Glühfrischens auftreten. Weisses Roheisen durchläuft zwischen dem festen und flüssigen einen längeren teigigen Aggregatzustand; es ist daher mehr den genannten Einflüssen ausgesetzt als graues Roheisen und Spiegeleisen, welche beide plötzlich einschmelzen.

Reduction von Silicium. So lange der Sauerstoff der Luft mit dem Eisen in Berührung kommt, oder so lange Eisenoxydoxydul im freien Zustande oder in der Schlacke vorwaltet, ist eine erneute Reduction der einmal gebildeten oder sonst zugeführten Kieselsäure nicht denkbar. Kommt indessen das Eisen aus dieser Wirkung in die reducirende Atmosphäre von Kohlenoxyd oder in unmittelbare Berührung mit festem Kohlenstoff, so kann ein solcher Vorgang stattfinden. Zwar wird sich zuvörderst durch Reduction nur aus einer Singulosilicat- eine

Bisilicatschlacke und aus dieser selbst eine Trisilicatschlacke bilden [1]), aber die letzte, vielleicht schon die zweite ist geeignet, eine gleichzeitige Reduction von Eisen und Silicium zu gestatten.

Die Verwandtschaft des Siliciums zum Sauerstoff kann benutzt werden, um eine zu weit getriebene Oxydation eines entkohlten Eisens wieder rückgängig zu machen. Setzt man nämlich zu einem Oxyd enthaltenden Eisen unverändertes, siliciumhaltiges Roheisen, so wird unter Bildung von Kieselsäure der Siliciumgehalt des letzteren verschlackt, so weit die Menge desselben der im Eisenoxyde enthaltenen Sauerstoffmenge entspricht.

Verhalten von freien Eisenoxyden und Eisensilicaten.

Freies Eisenoxyd und Eisenoxydoxydul (rohes Erz oder Hammerschlag) verhalten sich wie die erst durch Oxydation gebildeten Oxyde. Oxydoxydul ist in hohen Temperaturen trotz des geringeren Sauerstoffreichthums wegen des niedrigeren Schmelzpunktes wirksamer als das Oxyd. Dies letzte Verhalten kommt bei dem Glühfrischen nicht in Betracht und deshalb wird hierbei auch vorzugsweise Oxyd benutzt. Das aus den bei einem Frischprocesse zugesetzten Eisenoxyden (z. B. Rotheisenstein, welcher als Besatz der Puddelofenränder dient) reducirte Eisen tritt der Menge des ausgebrachten Eisens hinzu. Es kann unter diesen Umständen ein grösseres Ausbringen erfolgen als der Einsatz an Roheisen betrug.

Eisenschlacken, d. h. kieselsaures Eisenoxydul, sind als Bisilicate und als reine Singulosilicate nicht wirksam; die letzteren werden dagegen sofort sehr energische Oxydationsmittel, sobald sie Eisenoxydoxydul beigemengt oder im flüssigen Zustande gelöst enthalten. Solche oxydoxydulhaltige Schlacken nennt man Garschlacken im Gegensatz zu den oxydoxydulfreien Silicaten, welche als Rohschlacken bezeichnet werden. Es heisst eine Schlacke um so garer, je mehr Oxydoxydul sie enthält, um so roher, je mehr sie sich dem Bisilicat nähert. Wenn gefrischtes Eisen sich durch Aufnahme von Kohlenstoff (z. B. in Berührung mit Holzkohlen beim Herdfrischen) in eine höhere Kohlungsstufe (z. B. Schmiedeisen in Stahl) umwandelt, so kann durch nachfolgende Einwirkung einer garen Schlacke dieser Vorgang wieder rückgängig gemacht werden [2]).

---

[1]) $Fe_2SiO_4 + C = Fe + FeSiO_3 + CO$ oder
$2FeO, SiO_2 + C = Fe + FeO, SiO_2 + CO$ und
$3FeSiO_3 + C = Fe + Fe_2Si_3O_8 + CO$ oder
$3(FeO, SiO_2) + C = Fe + 2FeO, 3SiO_2 + CO$.

[2]) Das Gleiche ist bei den Rennarbeiten (Abth. I, S. 543) nachgewiesen worden.

Ein oxydoxydulfreies Silicat kann nicht oxydirend auf das Silicium des Roheisens wirken, es fällt daher die Wärmeentwickelung aus, welche bei einer Bildung des Silicates aus dem Silicium des Roheisens entsteht. Aus diesem Grunde hat sich z. B. der Zuschlag von Schlacken beim Bessemerprocess, bei welchem die entwickelte Hitze möglichst zusammengehalten werden muss, nicht bewährt.

Analog den Silicaten verhält sich in dieser Beziehung die Kieselsäure, welche aus dem Ofenfutter (Quarz, Thon etc.) in den Frischprocess gelangt.

Es wird schliesslich noch daran erinnert, dass Kieselsäure und Eisen ohne Kohlenstoff auch bei den höchsten Temperaturen keine Reduction zu Silicium ergeben [1]).

Verhalten des Mangans.

Seit Alters hat man den Vortheil eines manganreichen Roheisens für die Darstellung eines guten schmiedbaren Eisens, namentlich Stahls durch den Frischprocess erkannt. Die Ansichten sind aber vielfach auseinandergegangen hinsichtlich der Wirksamkeit des Mangans. Während Einige behaupteten, dass der in das Product übergehende Mangangehalt dieses besonders brauchbar mache, glaubten Andere den Werth des Mangans nur in dem günstigen Einflusse während des Frischprocesses zu erkennen.

Mangan ist leichter oxydirbar als Eisen [2]).

Hiernach muss man annehmen, dass beim Frischen des Roheisens das Mangan zuerst oxydirt wird und mit oxydirtem Silicium ein Mangansilicat bildet. Dies ist auch in der That im Allgemeinen der Fall, aber die Massenwirkung des Eisens kommt auch hier zur Geltung. Der Mangangehalt des Roheisens nimmt zwar während der Feimperiode, d. h. mit der Oxydation des Siliciums wesentlich ab, und es entsteht eine manganreiche Schlacke, aber es bleiben ebenso geringe Mengen Mangan hartnäckig im Eisen zurück, oft bis zu seiner gänzlichen Entkohlung, als von Anfang an die Schlacke neben Mangan Eisen enthält. Dies ist um so auffälliger als schon Kieselsäure allein, bei hoher Temperatur mit manganhaltigem Roheisen (Spiegeleisen) geschmolzen, das Mangan oxydirt, während das reducirte Silicium unter Ausscheidung eines grossen Theils des chemisch gebundenen Kohlenstoffs als Grafit in das Eisen übergeht [3]).

Ist Eisenoxyd gegenwärtig, so wird bei der Schmelzung von mangan- und siliciumhaltigem Roheisen Silicium und Mangan auf Kosten

[1]) Eine Thatsache, welche in metallurgischen Schriften oft vernachlässigt wird. — [2]) Vergleiche Abth. II, Seite 581 u. f. — [3]) Vergleiche Abth. I, Seite 182.

des Sauerstoffs im Eisenoxyd oxydirt und Manganoxydulsilicat gebildet[1]). Auch nach der Bildung garer Schlacke muss demnach ebenfalls noch Mangan verschlackt werden. Es lässt sich also die soeben angeführte Erscheinung, dass im schmiedbaren durch Frischprocesse hergestellten Eisen sich noch Mangan vorfindet, nur durch die Unvollkommenheit der Berührung von Sauerstoff- und Manganmolecülen bei der technischen Ausführung der Frischprocesse erklären. Eine erneute Reduction des Mangans ist um so weniger zu erwarten, als selbst bei directer Berührung mit Kohle (im Herdfrischfeuer) immer hinreichende Mengen der leichter reducirbaren Eisenoxyde vorhanden sind.

Mit Vortheil wird die leichte Oxydirbarkeit des Mangans benutzt, um den in einem ganz oder grösstentheils entkohlten Eisen enthaltenen Sauerstoff zu entfernen. Das im metallischen Zustande (als Spiegeleisen oder Ferromangan) zugesetzte Mangan reducirt dabei eine äquivalente Menge Eisen.

Eine manganhaltige Schlacke kann einen doppelten Einfluss beim Frischprocess ausüben, erstens einen chemischen und zweitens einen mechanischen.

Der chemische beruht in der Eigenschaft des kieselsauren Manganoxyduls, kein Lösungsmittel für Eisenoxydoxydul zu sein, wie kieselsaures Eisenoxydul. Je reicher daher eine Frischschlacke an Mangan ist, um so weniger begünstigt sie die Entkohlung des Eisens und um so mehr verzögert sie den Frischprocess. In vielen Fällen, in welchen Stahl erzeugt werden soll, ist es wichtig, den Process möglichst langsam vorschreiten zu lassen, und dann ist eine manganhaltige Schlacke von grossem Nutzen.

Der mechanische Einfluss der Schlacke ist durch deren Leichtflüssigkeit bedingt. Das Mangansilicat ist namentlich in Verbindung mit dem Eisensilicat weit leichter schmelzbar, als letzteres allein. Es bedeckt daher das Eisen oder umhüllt dessen einzelne Theilchen vollkommener als eine manganfreie Schlacke. Dies kommt bei dem auf dem Boden des Feuers sich sammelnden Eisen im Herdfrischprocess, namentlich aber beim Puddelprocess zur Geltung, beim Bessemern höchstens insofern, als sich die Trennung von Eisen und Schlacken leichter vollführt.

Bei den zuerst genannten Frischprocessen hat die Leichtflüssigkeit einer manganhaltigen Schlacke auch noch einen besonders günstigen Einfluss, wenn das Eisen in Folge seiner Kohlenstoffarmuth bereits in den teigigen Aggregatzustand übergegangen ist, weil sie dann vollkommener aussaigert als die durch Eisenoxydoxydul schwerschmelzig gewordene reine Eisenschlacke.

---

[1]) Vergleiche Abth. I, Seite 183. Es wird später bei den Flussstahlprocessen gezeigt werden, wie bedeutungsvoll für die Praxis dieser Vorgang geworden ist.

Einfluss des Phosphors.

Phosphor ist bei dem Hochofenprocesse nicht zu entfernen. Es geht vielmehr der gesammte Gehalt der Materialien in das Roheisen über. Aufgabe der Frischprocesse muss es daher sein, den Phosphorgehalt, welcher selbst in geringen Mengen dem schmiedbaren Eisen entschieden schädlich ist, und ihm namentlich bei gleichzeitig hohem Kohlenstoffgehalte ganz die technische Brauchbarkeit raubt, zu entfernen. Erfahrungsmässig gelingt dies beim Puddelprocess am besten, weniger beim Herdfrischprocess, gar nicht beim Bessemerprocess. Diese Erscheinung hat einen doppelten Grund. Phosphor oxydirt sich durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft oder der Eisenoxyde bei Gegenwart kohlenstoffhaltigen Eisens nur in niedriger Temperatur und dann um so leichter, je reicher an Oxydoxydul die Eisenschlacke ist. Aus diesem Grunde lässt sich Phosphor während des Feinens in kaum nennenswerthem Maasse abscheiden, dagegen am reichlichsten in der Rohfrischperiode und zwar am Anfang derselben, wenn niedrige Temperatur mit garer Schlacke zusammentrifft.

Bei höherer Temperatur wird Phosphor nicht nur nicht oxydirt, sondern die Phosphorsäure aus der Schlacke sogar wieder reducirt. Wenn daher die phosphorhaltige Schlacke im Anfang der Rohfrischperiode nicht hinlänglich entfernt wird, giebt sie später und namentlich in der Garfrischperiode erneuten Anlass zur Bildung phosphorhaltigen Eisens. Beim Herdfrischen wird dies noch durch die Gegenwart reichlicher Kohlenmengen unterstützt. Man sticht daher bei diesem Processe, aber auch beim Puddeln die phosphorhaltigen Schlacken während des Rohfrischens ab. Beim Bessemern ist dies nicht möglich [1]).

Der in der Garfrischperiode noch im Eisen befindliche Phosphor kann wenigstens zu einem Theil noch dann, vielleicht unter abermaliger Oxydation, abgeschieden werden, wenn das Eisen in den teigigen Zustand übergegangen ist. Es lässt sich nämlich die phosphorhaltige Schlacke aus dem schwerschmelzbaren Eisen aussaigern. Dieser Vorgang wird beim Puddelprocess benutzt, und hierbei durch eine an sich leichtflüssige, also z. B. manganreiche Schlacke unterstützt.

Es muss hier darauf hingewiesen werden, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen den Rennarbeiten und den Frischprocessen gerade auf der durch Temperaturdifferenzen bedingten Abscheidung des Phosphors

---

[1]) Der Vorschlag des Verfassers zu einer solchen Manipulation beim Bessemern (vergl. Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1865, Seite 354) ist an technischen Schwierigkeiten gescheitert (vergl. Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Band XIV, S. 156).

beruht. Dasselbe Erz, welches durch Rennarbeit ein phosphorfreies Eisen geben kann, liefert bei der Verfrischung eines zuvörderst daraus erblasenen Roheisens ein mehr oder weniger phosphorhaltiges Product. Bei der Rennarbeit genügt nämlich die Temperatur nicht zur Reduction des Phosphors und wenn auch, so saigert die phosphorhaltige Schlacke aus dem nicht in den flüssigen Aggregatzustand übergegangenen Eisen wieder sehr vollständig aus. Dieser Vorgang ist auch beim Puddelprocess zu verwerthen versucht worden, und zwar durch Verbindung eines Reductionsprocesses von rohen oder gerösteten Erzen mit dem Oxydationsprocesse des Roheisens. Man füttert zu diesem Zwecke die Ränder des Puddelofens, bei rotirenden Apparaten sogar das ganze Gefäss, mit Erz aus und gewinnt unter sonst günstigen Umständen dann ein phosphorfreieres Eisen, als ohne diese Manipulation, da zu dem aus dem Roheisen gepuddelten phosphorreicheren Eisen noch das phosphorfreie, welches durch directe Reduction des Erzes gewonnen ist, hinzutritt.

Es ist nicht daran zu zweifeln, dass dieser Process noch der weiteren Ausbildung fähig ist und weit mehr Aussicht auf praktischen Erfolg hat, als alle Versuche, die reine Rennarbeit wieder einzuführen.

Einfluss des Schwefels.

Schwefel oxydirt sich unter dem Einflusse des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft und der Eisenoxyde zu schwefliger Säure, welche als flüchtiges Product entweicht. Die Oxydation gelingt um so vollkommener, je länger der Process dauert. Aus diesem Grunde ist auch hierfür der Herdfrischprocess am besten, der Bessemerprocess am wenigsten geeignet. Auf die Abscheidung des Schwefels wirkt Mangan günstig, theils wohl nur, weil, wie vorhin gezeigt ist, dadurch die Entkohlung verzögert, also der Frischprocess verkürzt wird, theils wohl aber auch dadurch, dass ein Manganoxydulsilicat geneigt ist, Schwefel in bedeutender Menge aufzunehmen [1]).

Durch einen Saigerprocess lässt sich aus dem nicht mehr geschmolzenen, kohlenstoffärmeren Eisen ebenfalls ein Theil des Schwefels, wahrscheinlich als Schwefeleisen, entfernen.

[1]) Vergl. Abth. II, S. 591 und 701.

A. Die Vorbereitungsarbeiten zu den Frischprocessen.

Die Vorbereitungsarbeiten zu den Frischprocessen bestehen sämmtlich in einer Ueberführung grauen Roheisens in den weissen Zustand, d. h. in eine Modification, in welcher nur noch chemisch gebundener Kohlenstoff auftritt.

Es kann hierbei im Uebrigen die chemische Constitution des Roheisens unverändert bleiben, oder es kann gleichzeitig damit eine Abscheidung von Silicium verbunden sein. Im ersten Falle wird der Zweck durch plötzliche Abkühlung, Abschrecken, erreicht, aber nur, wenn das Roheisen eine mässige Menge von Grafit enthält. Am besten ist daher hierfür ein halbirtes Roheisen geeignet. Ein Eisenverlust findet nicht statt. Für den zweiten Fall kann das Roheisen jede beliebige Menge von Grafit enthalten. Die Entfernung des Siliciums gelingt am leichtesten und vollkommensten, wenn das Roheisen sich im flüssigen Zustande befindet (Feinen oder Läutern), kann aber auch durch blosses Glühen (Braten) bei Zutritt von Sauerstoff erreicht werden.

In neuerer Zeit sind die Vorbereitungsarbeiten zu den Frischprocessen als selbstständige Processe mehr und mehr ausser Gebrauch gekommen. Dies hat darin seinen Grund, dass man gelernt hat, im Hochofen auch unter Verhältnissen weisses Roheisen zu erzeugen, unter denen es früher unmöglich erschien. Da nun das Silicium, wie Seite 13 auseinandergesetzt, das wichtigste Hitzentwickelungsmaterial beim Frischen ist, so muss es als ein Fehler bezeichnet werden, wenn man dasselbe ohne Nothwendigkeit vorher abscheidet. Es würde also falsch sein, ein weisses Roheisen durch Entziehung seines Siliciums vorzubereiten. Für den Bessemerprocess und einzelne Arten des Herd- und Flammofenfrischens wendet man sogar beinahe ausschliesslich mit Vortheil graues Roheisen an, weil in demselben ein grösserer Siliciumgehalt zu erreichen ist als im weissen Roheisen [1]).

---

[1]) Vergl. Abth. II, S. 589.

a. Das Abschrecken.

Handelt es sich darum, geringfügige oder nur ausnahmsweise zufällig auftretende Grafitabscheidungen zu verhüten oder zu entfernen, so genügt die Abschreckung, welche erfolgt, wenn die Ganzformen aus Eisen (Gusseisen) hergestellt sind. Das zu Frischprocessen bestimmte weisse Roheisen wird daher auch stets in solche Formen abgestochen [1]).

Bei grösserem Grafitgehalte reicht diese Methode nicht mehr aus, um die ganze Masse des Roheisens weiss zu machen; es bildet sich vielmehr nur eine weisse Kruste.

Man hat vorgeschlagen, in solchem Falle die eisernen Formen hohl zu machen und mit Wasser zu kühlen, um eine stärkere Wärmeleitung hervorzurufen, aber der umständliche Apparat, der hierzu nöthig wird, ist einer allgemeinen Einführung hinderlich.

Als eine andere Methode zur Abschreckung behufs Vorbereitung des Roheisens für den Herdfrischprocess wurde namentlich in Steyermark, Kärnthen und Krain früher das Blattlheben [2]) oder Scheibenreissen angewendet.

Das Roheisen wird zu diesem Zwecke aus dem Hochofen in eine Grube von unten circa 15 cm, oben 100 cm Durchmesser abgestochen, welche in dem lockeren Sande der Hüttensohle gebildet ist. Die Schlacke, welche auf der Oberfläche schwimmt, wird, nachdem sie erstarrt, von dem noch flüssigen Roheisen abgezogen. Hierauf wird die Oberfläche des letzteren mit Wasser begossen, die erstarrte Kruste mit einer leichten Brechstange gelüftet und dann mit einem gabelförmigen Instrument (der Ofengabel) abgehoben [3]). Dies Verfahren wird so lange wiederholt, bis ein geringer Rest von Eisen zurückbleibt, der als schlüsselförmiges Stück, ein sogenannter König, ausgehoben wird.

Aus der auf einmal in die Grube gelassenen Masse von circa 500 Kg Roheisen erfolgen 30 bis 40 Scheiben.

Diese Scheiben haben einen aufgebogenen, ungleichen, rauhen Rand von 3 bis 5 cm Stärke, sind in der Mitte aber nur wenige Millimeter dick. Gute Blattl sollen [4]) eine gleichmässige Stärke und schwache Ränder haben, beim Zerschlagen spröde sein und auf dem Bruche weisse Farbe mit strahliger Structur zeigen. Sowohl dicke Blattl (6 bis 7 mm) als zähe (graue) Blattl sind schlecht für den Frischprocess. Die Könige sind an der Unterfläche stark mit angebranntem Sande verunreinigt.

Wenn auch die Hauptmasse der Scheiben ganz weiss ist, zeigt sich in den Rändern derselben wie in den Königen doch oft noch halbirtes, ja graues Eisen.

---

[1]) Vergl. Abth. II, Seite 737. — [2]) Blattl, auch Plattl, ein dünnes Blatt oder eine dünne Platte. — [3]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, 152. — [4]) Tunner, Die Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden. I. Band.

Tunner[1]) führt an, dass erfahrungsmässig nur das aus reinen, leichtflüssigen Erzen erzeugte Roheisen die Eigenschaft besitze, durch plötzliches Abkühlen in weisses Eisen umgestaltet zu werden. Er begründet diese Eigenthümlichkeit nicht weiter, aber man kann erkennen, dass der Grund in dem Mangangehalte zu suchen ist, welcher bekanntlich der Aufnahme chemisch gebundenen oder amorphen Kohlenstoffs besonders günstig ist.

Leitet man flüssiges Roheisen in Wasser, so wird dasselbe in mehr oder weniger kugelförmige Granalien übergeführt, welche gleichfalls abgeschreckt und daher im Bruche weiss sind. Um diese Operation im Grossen auszuführen, lässt man in Steyermark das Roheisen über eine gelochte Eisenblechplatte fliessen, auf der es zerstiebt und zertheilt in das beständig erneuerte oder wenigstens umgerührte Wasser gelangt. Man nennt diesen Process Granuliren.

Das Granuliren des Eisens ist in anderen Gegenden auf verschiedene Weise ausgeführt worden. Schon 1761 nahm John Wood ein Patent[2]) auf die Zerkleinerung des Roheisens durch Guss auf ein im Wasser schnell umlaufendes Rad oder eine solche Walze. Ebenso wurde nach Mushet[3]) gegen Ende des vorigen Jahrhunderts flüssiges Roheisen durch Auffallen auf einen in Wasser rotirenden horizontalen Mühlstein zu Cyfartha in Südwales granulirt.

Im Jahre 1862 waren auf der Weltausstellung zu London vom Baron de Rostaing in Frankreich vorzüglich gleichmässige Roheisengranalien ausgestellt, welche wie die nach der letzten Methode hergestellten, unter Benutzung der Centrifugalkraft erhalten waren. Der Apparat, welcher hierzu angewendet worden war, bestand aus einer gusseisernen Scheibe, welche um eine verticale Axe mit 2000 Umdrehungen pr. Minute rotirte. Die Scheibe war mit einem Rande versehen und mit Formsand oder einer anderen feuerbeständigen Substanz bekleidet. Das Roheisen floss durch einen Trichter in schwachem Strome auf das Centrum der Scheibe und wurde fortgeschleudert in der Gestalt von kugelförmigen Tropfen, welche sich nach ihrer Grösse in verschiedenen Entfernungen und in concentrischen Ringen ansammelten, dann übrigens nochmals durch Sieben sortirt wurden. 80 Kg Roheisen sollten so in kaum 2 bis 3 Minuten zerkleinert werden. Der ganze Vorgang fand in einer runden Kammer statt, auf deren Boden sich Wasser befand. Es soll hierbei ein fast undurchdringlicher Eisenrauch oder Eisenstaub entstanden sein, welcher in Condensationskammern geführt und dort gesammelt wurde[4]).

---

[1]) Op. cit. S. 16. — [2]) A way of making malleable iron from pig or sow metal, commonly called cast-iron, by a method entirely new. A. D. 1761. Feb. 5. No. 759. Abridgments, p. 6. Conf. Percy, Iron, p. 803. — [3]) Papers on Iron and Steel 1840, p. 12. — [4]) Percy, Iron, p. 804, ferner: Rapport par M. Gaultier de Claubry au nom du Comité des Arts Chimiques; Revue Universelle des Sciences et de l'Industrie 1862, No. 6, 1, p. 343.

Während dann, wenn das flüssige Roheisen direct in Wasser fällt, nur ein einfaches Abschrecken stattfinden kann, ist es wohl denkbar, dass bei dem Rostaing'schen Verfahren die Kügelchen bei ihrem Wege durch die atmosphärische Luft eine bestimmte Oxydation erleiden, und es scheint auch, dass der Erfinder von der Ansicht ausgegangen sei, man könne auf diese Weise selbst eine partielle Entkohlung herbeiführen. Das letztere ist nicht wahrscheinlich; eine Oxydation des Eisens dagegen ist nachweisbar und vielleicht liesse sich auch eine theilweise Oxydation des Siliciums erkennen. Rostaing wollte die Granalien unter Anfeuchtung noch weiter oxydiren und dann mit Roheisen gemischt zu Stahl verschmelzen [1]).

Aehnliche verfehlte Versuche sind noch von Bacon, Thomas und Grove [2]) gemacht worden, welche das Roheisen in feinen Strahlen unter Zuleitung von Luft-, Gas- und Dampfstrahlen über einen Raffinirherd fliessen und dann in den Puddelofen gelangen lassen wollten, wo allemal ein Dampfstrom zertheilend einwirken sollte, ehe das gewöhnliche Puddeln die Oxydation vollendete.

Peters zu Trenton [3]) wollte das von Roheisenstücken in Tropfen abschmelzende Eisen durch einen circa 5 m hohen Schachtofen einem durch einen Ventilator erzeugten Windstrom entgegen fallen lassen. Man kann leicht voraussehen, dass die Zeit des freien Falls keinesfalls zu einer wesentlichen Veränderung des Roheisens genügt und im Uebrigen ist, wenn nur eine einfache Granulation beabsichtigt wird, der Rostaing'sche Apparat weit vollkommener.

Im Salzburgischen wurde früher als Vorbereitung für den sogenannten Sinterfrischprocess das glühende Roheisen unter einem Hammer auf eiserner Pochsohle zu feinem Sande gepocht und der glühende Sand rasch mit Wasser gekühlt, wodurch ebenfalls ein wenn auch geringes Abschrecken eintrat [4]).

Dasselbe sehr alte Verfahren nahmen 1763 John und Charles Wood [5]) als etwas Neues in Anspruch, wobei der Zweck allerdings der war, das gepochte Eisen nachher mit Oxyden zusammen zu schmelzen.

Die beiden letzten Methoden, das Granuliren und Pochen, werden nicht allein der Abschreckung wegen angewendet, sondern auch um das Roheisen in einen Zustand überzuführen, in welchem es sich leicht und innig mit Schlacke mischen lässt. Sie schliessen sich insofern an einen Process an, welcher neuerdings wieder von Ellershausen aufgenommen ist und später beschrieben werden wird.

Wenn auch die Zerkleinerung, mit der das Blattlheben, die Granulirung und das Pochen des Roheisens verbunden sind, den

---

[1]) Artizan, March 1861, p. 51. — [2]) Polytechn. Centralblatt 1870, S. 824. — [3]) Revue universelle T. 28, p. 462. — [4]) Tunner, op. cit. II, Seite 52. — [5]) Making cast-iron malleable, without charcoal or blast, in an air-furnace. A. D. 1763. July 29. N. 794, Abridgments I, 7.

Zweck der Ueberführung eines grauen Roheisens in weisses befördert und auch der zerkleinte Zustand das spätere Einschmelzen erleichtert, so ist doch dieser Zustand gleichzeitig Veranlassung zu einer sehr starken Oxydation und einem damit verbundenen hohen Eisenverluste bevor das Roheisen in den flüssigen Aggregatzustand übergegangen ist, wenn das Einschmelzen unter Zutritt der Luft stattfindet.

b. Das Feinen oder Läutern[1]).

Das Feinen oder Läutern besteht in der Ueberführung des grauen Roheisens in weisses Eisen durch Entziehung eines Theils oder des ganzen Siliciumgehalts.

Früher erfolgte dieser Process zuweilen im Hochofen selbst, oder wurde in denselben Apparaten ausgeführt, in welchen nachher der Frischprocess erfolgen sollte; jetzt bedient man sich dazu beinahe ausschliesslich eigener Apparate.

Das Läutern des Roheisens im Hochofen[2]).

Das Läutern im Hochofen geschieht in der Weise, dass der bis dahin horizontal eingeleitete Windstrom verstärkt und durch Erzeugung einer künstlichen Nase (vermittelst eines Lehmklumpens oder weicher Hochofenschlacke, welche vor den Wind gebracht werden) schräg auf das bis auf einige Centimeter unter den Formen angesammelte Roheisen geführt wird. Die Schlacke wird gleichzeitig nach vorn getrieben, so dass die Oberfläche des Roheisens frei wird. Die unter der Einwirkung des Windes allmählich flüssiger werdende Schlacke tritt nun unter dem Schlackenkuchen, mit welchem bis dahin der Vorherd bedeckt gehalten wurde, hervor. Der Process dauert 1 bis 4 Stunden. Das Eisen wird stetig heller an Farbe, ein Beweis der steigenden Temperatur. Tritt lebhaftes Funkensprühen ein, so gilt der Process als vollendet und das geläuterte Eisen wird abgestochen. So einfach dieser Process auch erscheint, so wenig ist er für einen regelmässigen Hochofenprocess geeignet. Bei kleinen Productionen (namentlich beim Betriebe mit Holzkohlen) tritt die Störung, welche Karsten hinsichtlich des Niederganges der Gichten gegen den regelmässigen Betrieb durch das Verhältniss von 3 : 5 ausdrückt, weniger in den Vordergrund, aber der Nachtheil überwiegt doch selbst bei diesen schon den Vortheil der Brennmaterialersparniss gegen die in besonderen Apparaten ausgeführten Feinprocesse.

---

1) Englisch Refining, Französisch Mazéage. — 2) Vergleiche Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 187.

Dieser Läuterungsprocess ist früher auf den Werken des Schleidner Thals in der Eifel und auf den Hochöfen von Berry in Frankreich ausgeführt worden, gegenwärtig aber ganz ausser Gebrauch gekommen [1].

Eine andere Methode, das Roheisen im Hochofen selbst weiss zu machen, beruht auf der Einführung von reinen Eisenerzen in das Gestell. Diesen Process nennt man das Füttern. In den nicht ganz mit Roheisen gefüllten Ofenherd werden etwa 2 Stunden vor dem Abstich Eisensteine in Stücken von der Grösse eines Taubeneies bis zu der eines Hühnereies durch die Formen in das Eisen geführt. Dies geschieht mehrmals in Zwischenräumen, bis das Eisen die gewünschte Beschaffenheit angenommen hat [2]. Karsten glaubt, dass durch ein derartiges Verfahren sich zwar der Kohlenstoffgehalt des Roheisens, nicht aber sein Silicium- und Mangangehalt verringern lasse [3]. Dies ist aber eine irrige Ansicht. Das Letztere geschieht immer in erster Linie und erst, wenn das Roheisen weiss geworden ist, beginnt auch die Entkohlung. Uebrigens ist dieser Process, welcher noch weniger als der vorher beschriebene für einen geregelten Hochofenbetrieb geeignet ist, insofern von Interesse, als er ein schon sehr altes Verfahren darstellt, bei welchem mit dem Feinen gleichzeitig eine directe Reduction von Eisenerz, d. h. also eine Vermehrung des Eisengehaltes stattfindet, welche bei hinreichender Menge des Erzes den Eisenabgang, der durch die Schlackenbildung stattfindet, überwiegen kann.

Das Feinen im Hartzerrennherde (Hartzerrennen [4]).

Das Hartzerrennen, auch Bodenrennen [5]) genannt, ist eine Feinarbeit, welche nur in Verbindung mit dem Herdfrischen vorgenommen und häufig in denselben Apparaten, abwechselnd mit dem eigentlichen Frischen, stets aber unter Verwendung von Holzkohlen ausgeführt wird. Der Herd ist entweder eine einfach gemauerte oder mit Eisenplatten (Zacken, Abrändern, Steinen) ausgesetzte Herdgrube, wie deren im weiteren Verlaufe beim Frischfeuer noch ausführlicher beschrieben werden sollen. Diese Grube liegt mit einer Seite an einer Mauer, durch

---

[1]) Er ist in neuerer Zeit mehrfach wieder zur Anwendung vorgeschlagen worden, aber man könnte auch ohne die bereits vorhandenen Erfahrungen ihm jeden ökonomischen Erfolg schon aus dem Grunde absprechen, weil es niemals zweckmässig ist, zwei von einander in ihren Grundlagen verschiedene Hüttenprocesse in einem und demselben Apparate vereinigen zu wollen. — [2]) Karsten, Eisenhüttenkunde III, S. 290. — [3]) Op. cit. IV, S. 186. — [4]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung II, S 27 u. f. — [5]) Rennen, Zerrennen, vielfach (z. B. auch im Ausdrucke Rennarbeiten) in der Hüttentechnik wiederkehrend, ist das alte Transitivum von „rinnen" und bedeutet daher rinnen machen, d. h. flüssig machen, schmelzen. Die einmalige Operation des Zerrennens heisst oft ein „Renn".

welche die den Wind zuführende Form ragt, und ist auf der entgegengesetzten und der hinteren Seite von Mauerwerk, welches nur die Höhe der Grube hat, eingefasst. Die Grube wird mit aschenreicher Kohlenlösche (Kohlenklein) ausgefüttert, dann mit Holzkohle gefüllt. Der Wind wird angelassen, das Roheisen, wenn die Kohlen gut in Brand sind, von der der Form entgegengesetzten Seite, der Gicht, in den Herd vorgeschoben und möglichst schnell (oft unter Zusatz von Schlacken) eingeschmolzen. Es schmilzt in einzelnen Tropfen ab, diese fallen durch den Windstrom, unterliegen hierbei einer Oxydation und sammeln sich als gefeintes Eisen auf dem Boden des Feuers. Hierauf wird das Feuer ausgeräumt, d. h. es werden die noch in demselben befindlichen Kohlen entfernt, die auf dem Eisen schwimmende Schlacke wird durch Wasseraufgiessen zum Erstarren gebracht, soweit sie rein ist, fortgeworfen, soweit sie dagegen mechanisch mit Eisentheilchen verunreinigt ist, zum nächsten Process verwendet. Das Eisen selbst wird in derselben Weise, wie dies beim Blattlheben beschrieben, durch Aufgiessen von Wasser und Abheben der erstarrten Krusten oder Scheiben (Böden) zertheilt. Zuweilen wird das gefeinte Eisen vor dem Erstarren mit garenden Zuschlägen gemengt. In diesem Falle geht der Process in die Art der Vorbereitungsprocesse über, welche als mechanische Mischprocesse bezeichnet werden sollen.

Der durch das Bodenheben stets auf längere Zeit unterbrochene Betrieb und die damit verbundene Abkühlung, ferner die durch die Einrichtung des Feuers mit nur einer Form bedingte geringe Production sind wesentliche Nachtheile des Hartzerrennens, Nachtheile, welche diese Methode keineswegs empfehlenswerth erscheinen lassen. Sie sind bei der folgenden Methode vermieden.

Das Feinen im englischen Feinfeuer[1]).

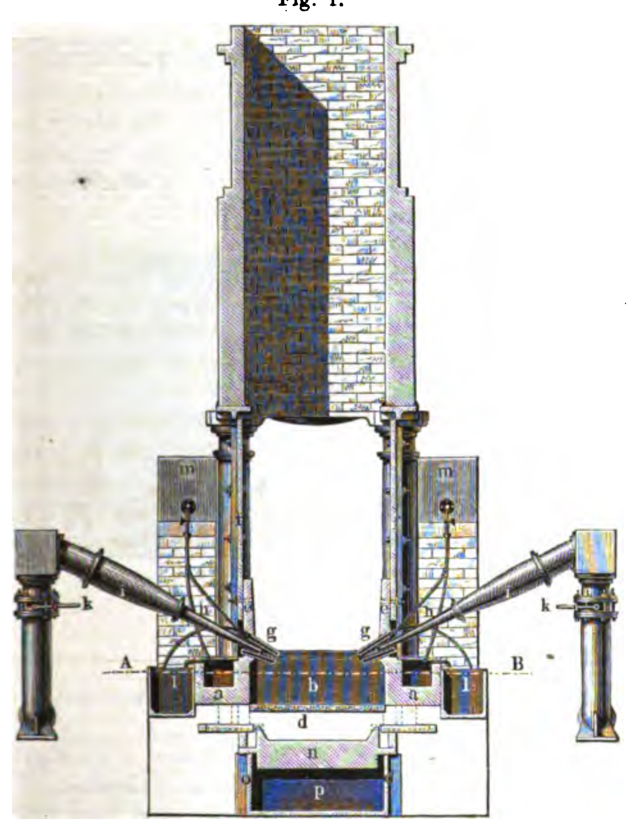
Geschichtliches: Im Jahre 1771 hatte John Cockshutt[2]) ein Patent genommen auf „die Erzeugung von schmiedbarem Eisen direct aus dem Erze in einem Feinfeuer und Frischen des Roheisens mit Holzkohle zu Schmiedeisen und ein neues Feinfeuer (*finery or bloomery*)". Die Beschreibung dieses Feinfeuers ergiebt, dass es aus Eisenplatten hergestellt und an zwei oder mehr Seiten offen und für die Arbeiter zugänglich war. Der Wind wurde durch mehrere Formen eingeblasen, um ihn an jedem Theil des Feuers wirksam zu machen. Es ist hierin jedenfalls der Ursprung des englischen Feinfeuers und die wichtigste

[1]) Percy, Iron, p. 623. In dieser Weise wird stets Percy, Metallurgy II, Iron and Steel, citirt werden. — [2]) Abridgements of the Specifications, relating to the Manufacture of Iron and Steel, p. 8. A. D. 1771 — 2. Mai. — No. 988.

Verbesserung gegen die älteren gemauerten und nur mit einer Form versehenen Zerrennfeuer gegeben.

B. **Rogers**[1]) von Nant-y-Glo (Südwales) schreibt die Erfindung des Feinprocesses im Feinfeuer dem Ingenieur **Homfray** zu **Tredegar** zu, welcher ihn jedenfalls vor 1808 an Stelle des alten Processes im Zerrennfeuer (*running-out-fire*) eingeführt hatte. Es scheint, dass der vergebliche Versuch an Stelle der bei letzteren angewendeten Holzkoh-

Fig. 1.



Englisches Feinfeuer zu Bromford-Hütte bei Birmingham. Verticaldurchschnitt nach der Linie *EFHI*, Fig. 2.

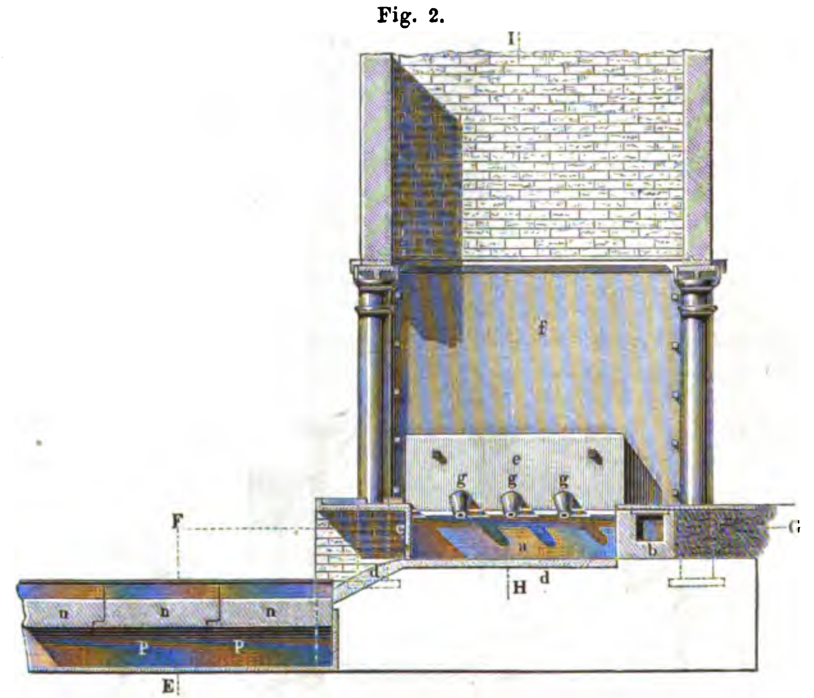
len Koks zu setzen, zu der Erfindung des Feinfeuers führte. Uebrigens feinte man ursprünglich nur durch einfaches Niederschmelzen, wie dies an einzelnen Orten noch jetzt geschieht und ging erst später zu der Methode über, nach vollendetem Einschmelzen auf das Metall zu blasen. Das Verfahren, flüssiges Roheisen direct aus dem Hochofen anzuwenden, ist erst später von Sir **John Guest** zu Dowlais eingeführt worden.

[1]) **Percy**, Iron, 625.

Das Feuer. Das englische Feinfeuer (*Running-out fire, refinery*) ist ein aus gekühlten Eisenplatten gebildeter freistehender Herd, mit zahlreichen Formen.

In den Figuren 1 bis 3 ist ein solches Feuer zu Bromford-Hütte bei Birmingham abgebildet. Es besteht aus einem im Grundrisse rechteckigen Herde, hier mit drei wassergekühlten stechenden [1]) Formen an jeder Seite. In Steyermark, wo diese Feuer von Tunner 1841 eingeführt

Fig. 2.



Englisches Feinfeuer zu Bromford-Hütte bei Birmingham. Verticalschnitt nach der Linie *CD*, Fig. 3.

sind [2]), giebt man ihnen zuweilen nur zwei Formen; in England kommen solche mit drei Formen vor (z. B. zu Cyfartha in Südwales), die Formen liegen dann allein an der Rückseite. Häufiger sind Feuer mit je zwei oder vier Formen an jeder der zwei Seiten, am gewöhnlichsten dagegen die mit je drei Formen.

Von der Zahl der Formen ist die Windmenge und daher die Production, welche man mit einem Feuer erzielen kann, abhängig.

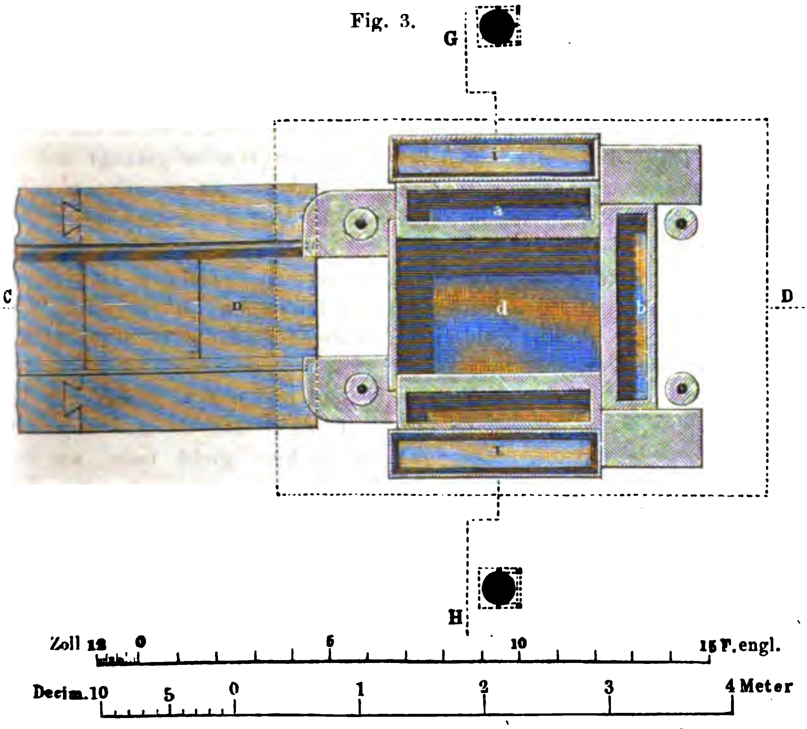
---

[1]) Unter Stechen der Formen versteht man deren Neigung gegen den Horizont in den Herd. Man unterscheidet darnach stark oder schwach stechende Formen. — [2]) Vergl. Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 38 und Jahrbuch der Vordernberger Montan-Lehranstalt, 2. Jahrgang. Im Folgenden wird die Reihe dieser Jahrbücher stets kurz als Oesterr. Jahrbuch citirt werden.

Die beiden Seiten *a a*, über welche die Formen ragen, sowie die Rückwand bestehen aus hohlen gusseisernen Kästen (*Water-blocks*), in welchen Kühlwasser circulirt. Die Vorderseite (*front*, *damplate*) wird durch eine einfache, das Stichloch enthaltende Platte gebildet, welche während des Betriebes durch ein Futter von Kokslösche vor dem Verbrennen geschützt wird. Vollkommener ist die Einrichtung, bei welcher auch diese Platte hohl und durch Wasser gekühlt ist. Der Boden *d* besteht aus Sand und ruht direct auf dem Fundamentmauerwerke.

Diese Sandschicht setzt sich durch das Stichloch geneigt bis zu den Gussformen fort (vergl. Fig. 2). Der zum Abführen der Gase und

Fig. 3.



Englisches Feinfeuer zu Bromford - Hütte bei Birmingham. Grundriss nach der Linie *AB*, Fig. 1.

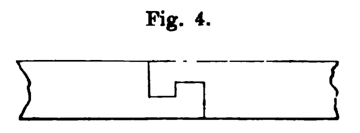
der Funken dienende Schlot ruht auf vier Säulen. Die beiden Seiten sind durch zwischen denselben angebrachte Eisenplatten (*f*) geschlossen. Die Front und Hinterseite ist der Regel nach durch Thüren, welche in Angeln gehen, oder an einem Hebel auf und ab gezogen werden können, oder in Haken aufgehängte Bleche zum Schutze der Arbeiter gegen Funken geschlossen, oft aber auch ganz offen. An die Platten *ff* sind die leicht auszuwechselnden Platten *e* angeschraubt, durch welche die Formen ragen. Das Stechen der Formen ist so gewählt, dass ihre verlängerten Axen die Halbirungslinie des Bodens *d* treffen; jedoch gilt

diese Neigung nur für halbirtes Roheisen; bei ganz grauem wählt man ein stärkeres Stechen. Der Wind gelangt aus den mit Drosselklappen *k* versehenen Windständern und durch die vermittelst Lederschläuchen *i* verbundenen Düsen *h*, welche dicht an die Formen schliessen, ins Feuer. Längs der Seitenwandungen laufen die Wasserreservoirs *m*, aus denen die Formen und Kühlkästen gespeist werden, während das abfliessende Wasser in den Kästen *l* gesammelt wird.

Das aus Eisenplatten *n n* gebildete Abstich- oder Gussbett ruht auf einem gusseisernen Kasten *o o*, in dem Kühlwasser (*p*) circulirt. Die Fugen sind sorgfältig mit feuerfestem Thon gedichtet und das Ganze wird vor dem Abstiche mit Thon- oder Kalkwasser überstrichen. Oefters bringt man auf den Platten vorstehende Querleisten aus Schlacke oder Formsand an, wodurch das erstarrte Eisen schwächere Stellen erhält, an denen es sich leicht durch Schläge zertheilen lässt. Da bei einer einfachen Ueberpfalzung der Bodenplatten des Gussbettes leicht das flüssige gefeinte Eisen durch die Fugen bricht, in das Wasser gelangt und heftige, gefährliche Explosionen veranlasst, so hat man zuweilen eine Verbindung gewählt, wie sie die untenstehende Fig. 4 veranschaulicht.

Die Arbeit. Die Arbeit, im englischen Feinfeuer, ist folgende: Nach Oeffnung der an der Rückwand befindlichen Thüren oder Bleche wird das Feuer mit Koks gefüllt. Auf diese wird das Roheisen in Gänzen, zusammen 20 bis 22 Centner, gelegt und mit Koks bedeckt. Darauf wird das Gebläse angelassen. Auch hier giebt man, wie beim Hartzerrennen, nicht selten Hammerschlag, d. h. das beim Hämmern und Walzen abfallende, mit kieselsaurem Eisenoxydul gemengte Eisenoxydoxydul hinzu. Das Roheisen schmilzt in etwa $1^1/_2$ Stunden nieder und wird dann der Einwirkung der Gebläseströme ausgesetzt, welche trotz der darüber liegenden glühenden Koks stark oxydirend wirken (Verblasen). Es bildet sich in Folge dessen eine bedeutende Menge von Schlacke, welche grösstentheils aus Eisenoxydulsingulosilicat ($Fe_2 Si O_4$ oder $2 Fe O, Si O_2$) besteht.

Fig. 4.



Verbindung der Gussbettplatten.

Zwei Stunden nach dem Besetzen mit Roheisen, $^1/_2$ Stunde nach dem Beginn des Verblasens wird abgestochen. Inzwischen sind circa 4 Centner, d. h. 25 Proc. vom eingesetzten Roheisen an Koks verbraucht, und 16 Proc. Eisen verschlackt. Schlacke und gefeintes Eisen fliessen zusammen in das Gussbett (*running-out-bed*) vor dem Ofen und sondern sich dort nach dem specifischen Gewicht, d. h. die Schlacke schwimmt oben. Diese Trennung wird befördert durch Aufgiessen reichlicher Wassermengen in starken Strömen, meistens durch Aufspritzen aus Schläuchen. Das Metall erstarrt schnell, während die Schlacke

länger flüssig bleibt, sich scheinbar mit dem Wasser mischt, kleine Krater bildend. Wenige Minuten darauf wird der am Ende der Formenreihe aufgeworfene Sandwall durchbrochen und die Schlacke läuft in eine für ihre Aufnahme vorbereitete Grube.

Die Schlacke wird entweder an den Hochofen oder an die Puddelöfen abgegeben. Das gefeinte Eisen, welches 2 bis 8 cm starke Platten bildet, wird vom Gussbett vermittelst eines kleinen zweirädrigen Karren, unter dem sich zwei hakenförmige Instrumente an einer Kette befinden, abgehoben, nachdem es vermittelst einer Brechstange gelüftet ist.

Ausbringen und Brennmaterialverbrauch. Nicht überall treffen die oben angegebenen Verbrauchszahlen zu. Der Abgang des Eisens richtet sich wesentlich nach dem Siliciumgehalte und nach der Dauer der Oxydation. Im Durchschnitt rechnet man zwar 16 Procent Verlust, doch schwankt derselbe zwischen 8 und 17 Procent. In Ebbw Vale (Südwales) z. B. betrug er zu Anfang der 60er Jahre im grossen Durchschnitt 9,7 Procent, in Pentwrch (Südwales) 12 Procent. Der Koksverbrauch steigt gewöhnlich bis auf 30 bis 40 Kg pr. 100 Kg gefeintes Eisen. An Wind braucht man 30 cbm pr. Minute.

Abweichungen. Ein wesentlicher Vortheil ist es, wenn man das Roheisen direct aus dem Hochofen flüssig in das Feinfeuer ablassen kann. Der Grund, warum diese in England vielfach gebrauchte Methode nicht überall angewendet wird, beruht erstens darin, dass der Raum an den Hochöfen oft zur Anlage der Feinfeuer zu beschränkt ist, und zweitens darin, dass bei einem grossen Abstich eine zu grosse Menge von Feinfeuern dazu gehört, das gesammte Roheisen gleichzeitig zu verarbeiten.

Als eine Eigenthümlichkeit verdient erwähnt zu werden, dass vor 1859 zu Ebbw Vale beim Feinprocess die sogenannten gesalzenen Koks behufs Erzeugung des besten Drahtseileisens verwendet wurden. Dieselben erzeugt man durch Eintauchen der Koks in Salzsoole, Abtropfenlassen und Trocknen.

In Steyermark pflegt man das zu feinende Eisen in einem Vorglühherde zu behandeln, welcher durch die abgehende Flamme des Feinfeuers erhitzt wird. Es werden der Regel nach zu diesem Zwecke zwei mit je zwei Formen versehene Feinfeuer an den zwischen beiden liegenden Vorglühherd von circa 2 m Länge angeschlossen. Dieser Herd liegt mit seiner ganz ebenen Sohle ca. 65 cm unter dem Gewölbe, welches sich in ziemlich gleicher Höhe von dem anliegenden Feinfeuer aus über denselben fortzieht und der Flamme durch zwei Oeffnungen in den seitwärts gelegenen Winderhitzungsapparat Abzug gestattet [1]. Man

[1] Ein solcher Vorglühherd ist in Kerl's Metallurgie Band III, Taf. IV, Fig. 120 und 121 abgebildet.

wendet hier Holzkohlen an und hat bei einem Abgang von 3 bis 9 Procent Eisen einen Kohlenaufwand von 0,248 bis 0,370 cbm Holzkohlen auf 100 Kg Roheisen.

Es ist von Einigen (z. B. Capels und Morton) vorgeschlagen worden, das Roheisen in einem Kupolofen umzuschmelzen und es dann flüssig in den Feinherd zu lassen, indessen erscheint dieser Vorschlag durchaus unökonomisch und würde sich jedenfalls viel besser in der von Tunner[1]) angedeuteten Methode ausführen lassen, wonach man den Formen des Kupolofens ein Stechen von 15 bis 18° geben müsste, so dass das angesammelte Roheisen in demselben Apparate gefeint werden könnte.

Ueber die Benutzung von Wasserdampf wird beim Feinen im Flammofen die Rede sein.

Schliesslich ist die in Südwales bei Erzeugung dünner Bleche durch den Holzkohlenfrischprocess angewendete Einrichtung zu erwähnen, wonach das gefeinte Eisen noch flüssig direct in die Frischfeuer, deren je zwei mit einem Feinfeuer verbunden zu sein pflegen, abgestochen wird.

Das Product. Das Product des Feinprocesses ist ein weisses Roheisen. Es wird gewöhnlich einfach gefeintes Eisen, aber auch Feineisen[2]) oder Reineisen (englisch *refined iron*, *refined metal*, *fine metal*, *finer's metal*, *plate metal*, auch wohl einfach *metal*) genannt. Ein gutes gefeintes Eisen muss glänzend und silberweiss auf dem Bruche sein; der Regel nach ist es dicht, aber nicht selten auch löcherig oder luckig (*honey-combed*) nahe der Oberfläche, ohne deshalb unbrauchbar zu sein. Geht die luckige Beschaffenheit indessen auf $^1/_3$ oder mehr der Dicke ins Innere, so wird es zu schwer schmelzbar für den Puddelofen. Die Löcher sind von Gasen gebildete Blasenräume, mit einer von Reihen kleiner Eisenkügelchen herrührenden melonenartigen Streifung der Wandungen. Die Streifung steht stets senkrecht zur Oberfläche. Die Bildung der Löcher entsteht der Regel nach erst, wenn nach Entfernung des Siliciums die Oxydation noch fortgesetzt wurde und daher die Entkohlung begonnen hat. Damit hängt auch naturgemäss der steigende Schmelzpunkt zusammen.

Ein charakteristisches Stück aus grauem Roheisen dargestellten, gefeinten Eisens von der Bromfordhütte, von Dick in Percy's Laboratorium analysirt, gab:

---

[1]) Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 38. — [2]) Ein nicht guter Ausdruck, da man im Handel unter Feineisen ein Stabeisen von geringen Querschnittsdimensionen versteht.

Kohlenstoff		3·07
Silicium		0·63
Schwefel		0·16
Phosphor		0·73
Mangan		Spur
In Salzsäuse unlöslicher Rückstand	Kieselsäure	0·30
	Thonerde mit geringer Menge Eisenoxyd	0·14
Eisen		95·14
		100·17

Die Oberfläche war von kleinen, deutlich ausgebildeten und fest anhängenden Schlackenkrystallen in der Form des Chrysolits oder Olivins bedeckt.

Parry fand in einem weissen Roheisen und dem daraus dargestellten gefeinten Eisen:

	Roheisen Proc.	Gefeintes Eisen Proc.
Silicium	1·27	0·14
Schwefel	0·93	0·52

Nach demselben gab im Durchschnitt:

		Silicium		Schwefel
Graues Roheisen	von	3 Proc. Silicium	und	0·2 Proc. Schwefel:
ein gefeintes Eisen	„	3 „ „	„	0·15 „ „
Weisses Roheisen	„	0·4 „ „	„	2·0 „ „
ein gefeintes Eisen	„	0·1 „ „	„	1 „ „

Schlacke. Die Feinschlacke (*Refinery slag* oder *cinder*) ist immer von schwarzer oder schwarzbrauner Farbe, glasig oder halbmetallisch glänzend.

Von den folgenden Analysen sind I. und II. von E. Riley in Dowlais, III. von David Forbes in Percy's Laboratorium ausgeführt[1]).

		I.	II.	III.
Kieselsäure		25·77	33·33	22·76
Eisenoxydul		65·52	54·94	61·28
Manganoxydul		1·57	2·71	3·58
Thonerde		3·60	5·75	7·30
Kalkerde		0·45	1·19	3·41
Magnesia		1·28	0·50	0·76
Schwefel		0·23	—	0·46
Schwefeleisen (Fe S)	Eisen	—	0·17	—
	Schwefel	—	0·10	—
Phosphor		1·37	0·99	nicht bestimmt
Kupfer		—	Spuren	—
		99·79	99·68	99·55

Die Schlacken Nr. I. und II. sind zu Dowlais beim Feinen von weissem Roheisen gefallen. Dieses Roheisen wurde im Hochofen bei einer Gattirung von drei Gewichtstheilen Thoneisenstein aus der Kohlenformation auf einen

[1]) Percy, Iron, p. 627.

Gewichtstheil Rotheisenstein erblasen. Nr. I. war porös und zeigte die gewöhnliche Beschaffenheit, Nr. II. war krystallisirt. Nach Riley bildet sich die letztere Art immer, wenn stark siliciumhaltiges Roheisen (1½ bis 2 Proc. Silicium) gefeint wird. Beide Schlacken nähern sich in ihrer Zusammensetzung der Formel $Fe_2 Si O_4 = 2 Fe O, Si O_2$.

Die Schlacke Nr. III. ist zu Bromfordhütte producirt. Sie war in der Form des Eisenchrysolits oder Olivins krystallisirt. Sie zeigt deutlich die Zusammensetzung eines Eisenoxydulsingulosilicats mit einer beträchtlichen Menge fremder Stoffe, namentlich Thonerde, welche wohl mit Ausnahme des Mangans der Hauptsache nach aus der Asche der Koks stammen.

Von den folgenden Analysen ist Nr. IV. und V. von Berthier ausgeführt. Es betrifft Nr. IV. eine Schlacke von Dudley bei Birmingham, Nr. V. eine solche von Firmy, Nr. VI. endlich ist eine in Octaedern krystallisirte Feinschlacke von Stourbridge, nach Rammelsberg's Analyse [1]). Diese Schlacke ist von demselben als eine Verbindung von Kieselsäure und Eisenoxydul mit Eisenoxydoxydul bezeichnet, und stammt daher wahrscheinlich von einem zu weit getriebenen Feinen her, so dass sie ihre Krystallform wesentlich dem Eisenoxydoxydul verdankt.

	IV.	V.	VI.
Kieselsäure	27·6	32·2	13·69
Eisenoxydul	61·2	66·5	73·12
Manganoxydul	—	0·9	—
Thonerde	4·0	—	—
Eisenoxyd	—	—	13·09
Phosphorsäure	7·2	1·7	—
	100·0	101·3	99·90

Ebenfalls von Stourbridge ist die folgende von Rammelsberg [2]) analysirte Feinschlacke, welche durchweg krystallinisch, blauschwarz von Farbe war; specif. Gew. 4·824. Das Pulver folgte dem Magneten nicht und liess sich durch Schlämmen nicht in verschiedene Theile zerlegen. Die in Chlorwasserstoffsäure vollkommen auflösliche, beim Erhitzen gelatinirende Schlacke enthielt:

	a.	b.	Mittel	Sauerstoff
Kieselsäure	14·56	13·69	14·13	7·54
Eisenoxyd	19·17	18·12	18·65	5·59
Eisenoxydul	66·10	66·89	66·50	14·78
	99·83	98·70	99·28	

Das Sauerstoffverhältniss ist also = 4 : 3 : 8 und Rammelsberg schliesst, dass hier ein wahres Silicat von Eisen-Oxyd und Oxydul vorliege. Es ist indessen schwer zu entscheiden, ob diese Schlacke, welche wie Nr. VI. aus einem zu weit getriebenen Feinprocesse zu stammen

[1]) Kerl, Hüttenkunde I, S. 874. — [2]) Rammelsberg, chem. Metallurgie 1865, S. 173.

scheint, nicht nur durch Einwirkung der Luft bei der Abkühlung nach ihrer Bildung oxydirt worden sei.

Interessant ist noch die Zusammensetzung einer in Rammelsberg's Laboratorium wiederholten Analysen unterworfenen Feinschlacke von Geislautern, welche neben dem Eisenoxydul nur eine kleine Menge Eisenoxyd (wahrscheinlich ebenfalls durch nachträgliche Oxydation gebildet) enthielt und fast genau einem Bisilicate entsprach [1]).

		Sauerstoff	
Kieselsäure	46·05	24·56	24·56
Eisenoxydul	46·15	10·25	12·32
Manganoxydul	4·09	0·94	
Kalk	2·36	0·67	
Magnesia	1·15	0·46	
	99·80		

Da beim Feinen die Oxydation des Siliciums nicht plötzlich, sondern allmälig vorschreitet, so ist es erklärlich, dass sich zuvörderst die bei Gegenwart von Eisen höchste zulässige Silicirungsstufe, ein Bisilicat, bildet, welches nach und nach in ein Singulosilicat übergeht. Wird der Feinprocess zu weit getrieben, so nimmt letzteres freies Eisenoxydoxydul auf, wie dies bei den Frischprocessen näher nachgewiesen werden wird. Erstarrt eine von Eisenoxyd freie Schlacke unter Zutritt der Luft oder wird sie nachträglich unter Luftzutritt nochmals erhitzt, so kann sich ohne Vermehrung des Eisengehaltes ein grösserer oder geringerer Theil des Oxyduls höher oxydiren. So erklärt sich die verschiedenartige Zusammensetzung der Schlacken von einem so einfach verlaufenden Processe.

Das Feinen im Flammofen.

In Gegenden, wo Koks schwer zu beschaffen sind, sei es, dass es überhaupt an Steinkohlen fehlt, oder dass die vorhandenen sich nicht zur Verkokung eignen, ist man genöthigt gewesen, zur Flammenfeuerung zu greifen. Man kann sich zwar hierzu einer gewöhnlichen Rostfeuerung bedienen, auf der man Steinkohle, Braunkohle, Holz [2]) oder Torf [3]) verbrennt, aber nach dem Vorgange Eck's zu Königshütte im Jahre 1843 [4]) hat man fast überall Kohlenoxydgasfeuerung eingeführt.

Der Ofen. Ein solcher mit Kohlenoxyd gefeuerter Feinofen von der Königshütte in Oberschlesien ist in den Figuren 5 bis 7 abgebildet, und zwar stellt Fig. 5 die äussere Ansicht, Fig. 6 den verticalen,

---

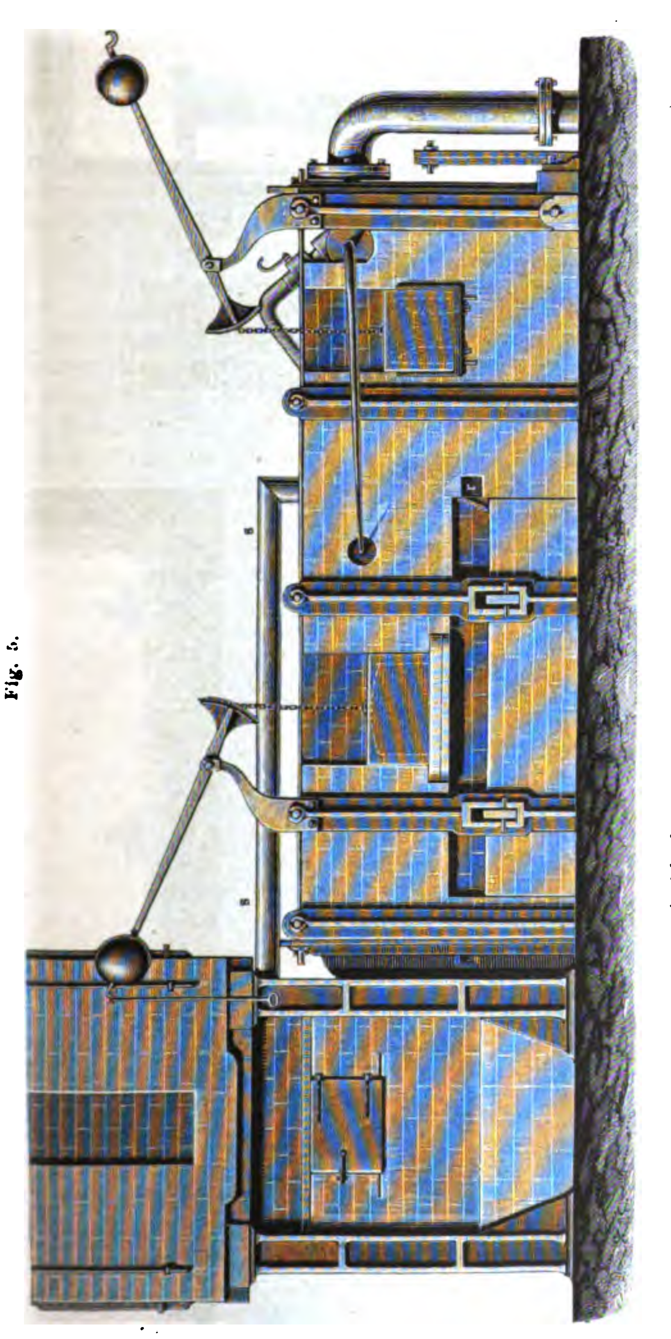
[1]) Rammelsberg, chem. Metallurgie 1865, S. 172. — [2]) Holz bietet gegen Holzkohle kaum einen ökonomischen Vortheil. Man wendet daher besser da, wo Holzreichthum vorhanden ist, Holzkohlenherde an. — [3]) Z. B. auf württembergischen Hütten; Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 193. — [4]) Karsten's Archiv für Mineralogie etc. Bd. XVII, 1843, S. 795.

Fig. 7 den horizontalen Querschnitt dar. *a* ist der mit Steinkohlen beschickte Gasgenerator, in dessen durch einen Rost getrennten, unteren Raum *b* der Gebläsewind durch drei kleine Oeffnungen eingeführt wird. Die Generatorgase, bekanntlich aus Kohlenoxyd, dem Stickstoff der Luft und den Destillationsproducten der Kohle bestehend, treten durch das Flammenloch über den Herd und werden hier durch die aus dem breiten schnabelförmigen Mundstück *h* strömende Gebläseluft verbrannt. Der Herd *l*, aus grobkörnigem Sande, seltener aus strengflüssiger Frischschlacke hergestellt, ruht auf der Eisenplatte *m*, welche ihrerseits auf Trägern liegt und dadurch für eine Luftkühlung zugänglich ist. Die Kühlungsluft wird durch kleine Essen *t* angesaugt. Dasselbe gilt hinsichtlich der mit einem hohlen gusseisernen Balken versehenen Feuer- und Fuchsbrücke. Seitwärts münden in den Herd zwei Düsen ein, welche den Gebläsewind auf die Oberfläche des Eisenbades führen. Die Oeffnung *n* dient zum Einsetzen des Roheisens, *o* zum Abstich. Das Gewölbe ist zum Fuchse herabgezogen, welcher direct in die Esse *q* mündet. Der Verbrennungs- und Oxydationswind kann leicht durch eine kleine Feuerung unterhalb des Rohres *s* etwas erhitzt werden, jedoch ist es besser zu diesem Zwecke das Rohr durch die Esse zu führen wo es von den abgehenden Gasen geheizt wird. Die Ventile *d* und *g* dienen zur Regulirung der Windströme.

Betrieb. Nach dem Anheizen des Ofens wird zuvörderst die Hitze möglichst hoch getrieben, um den Sandboden zu fritten. Hierauf wird die Stichöffnung mit einem Pfropfen von Koksgestübbe geschlossen und der Ofen mit 5400 bis 5500 Kg Roheisen besetzt. Man schmilzt ein, darauf achtend, dass das am Fuchse befindliche, langsamer erhitzte Material allmälig zur Feuerbrücke geschafft werde, ohne an den Boden anzubacken. Nach vollendetem Einschmelzen wird das Roheisenbad gut durchgerührt und mit etwas gepochtem Kalkstein überstreut. Hierauf lässt man den Wind durch die seitlichen Düsen auf das Roheisenbad treten. Die Windströme bewirken in Folge ihrer Richtung eine Circulation des Metalls, wodurch alle Theile zur Oberfläche und vor die Wirkung des Windes gelangen. Während des Blasens wird hin und wieder noch etwas Kalk aufgeworfen. Nach 4 bis 5 Stunden (zuweilen erst nach 8 Stunden) ist das Eisen fertig gefeint. Man erkennt dies an Schöpfproben, welche in Sand gegossen eine vollkommen weisse Bruchfläche zeigen müssen. Uebrigens giebt auch die helle (gelbweisse) Farbe des Eisens und dessen Funkensprühen ein Kennzeichen ab. Es wird dann die, zuweilen auch schon während des Blasens theilweis entfernte, Schlacke gänzlich unter dem Fuchse abgezogen, der Wind an der Frontdüse abgestellt und das gefeinte Eisen abgestochen. Das Gussbett pflegt ganz so hergestellt zu sein, wie es beim Feinherde beschrieben wurde.

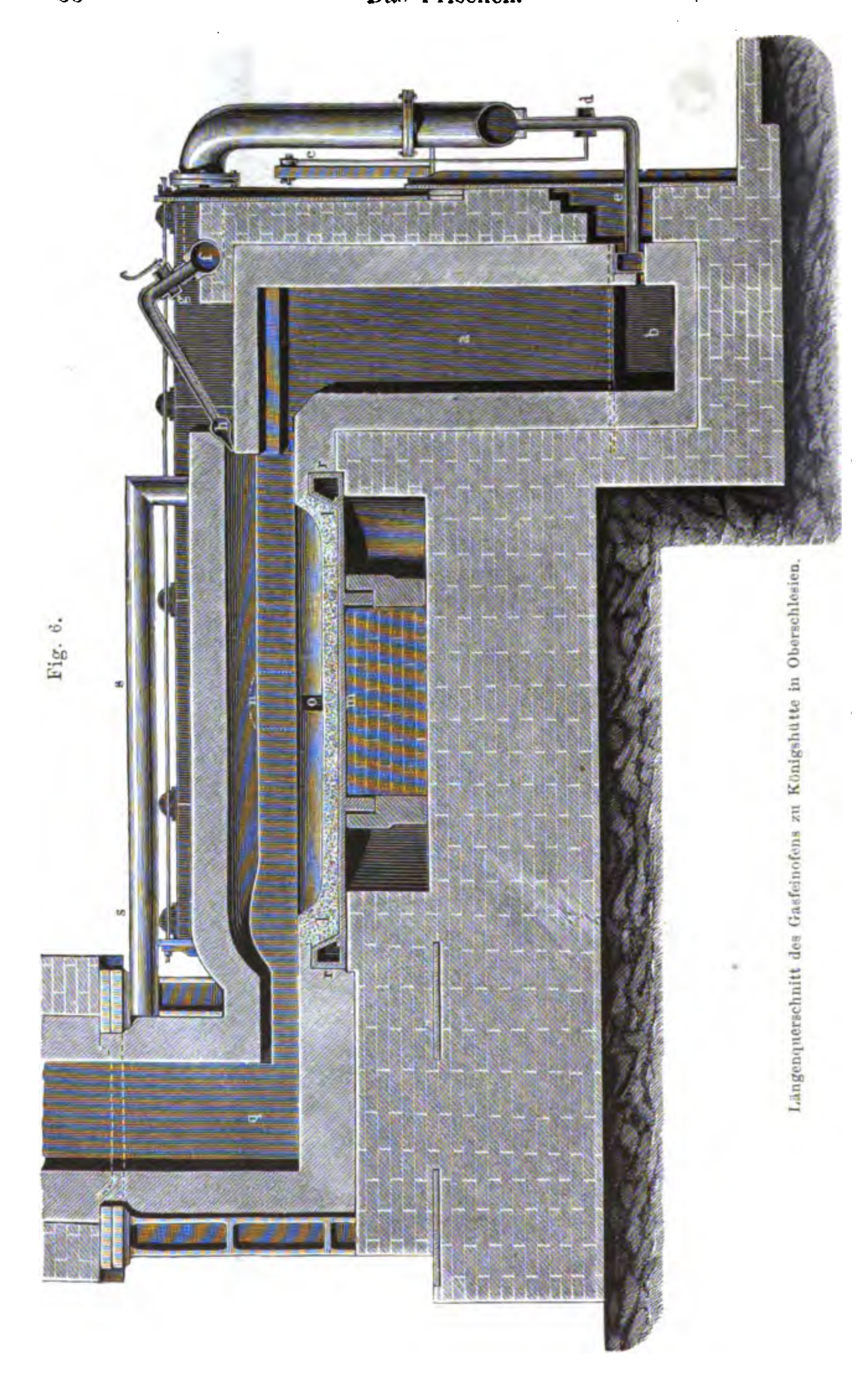
Ausbringen und Materialverbrauch. Der Abgang wächst hauptsächlich mit dem Siliciumgehalte des Eisens, beträgt im Durch-

Fig. 5.



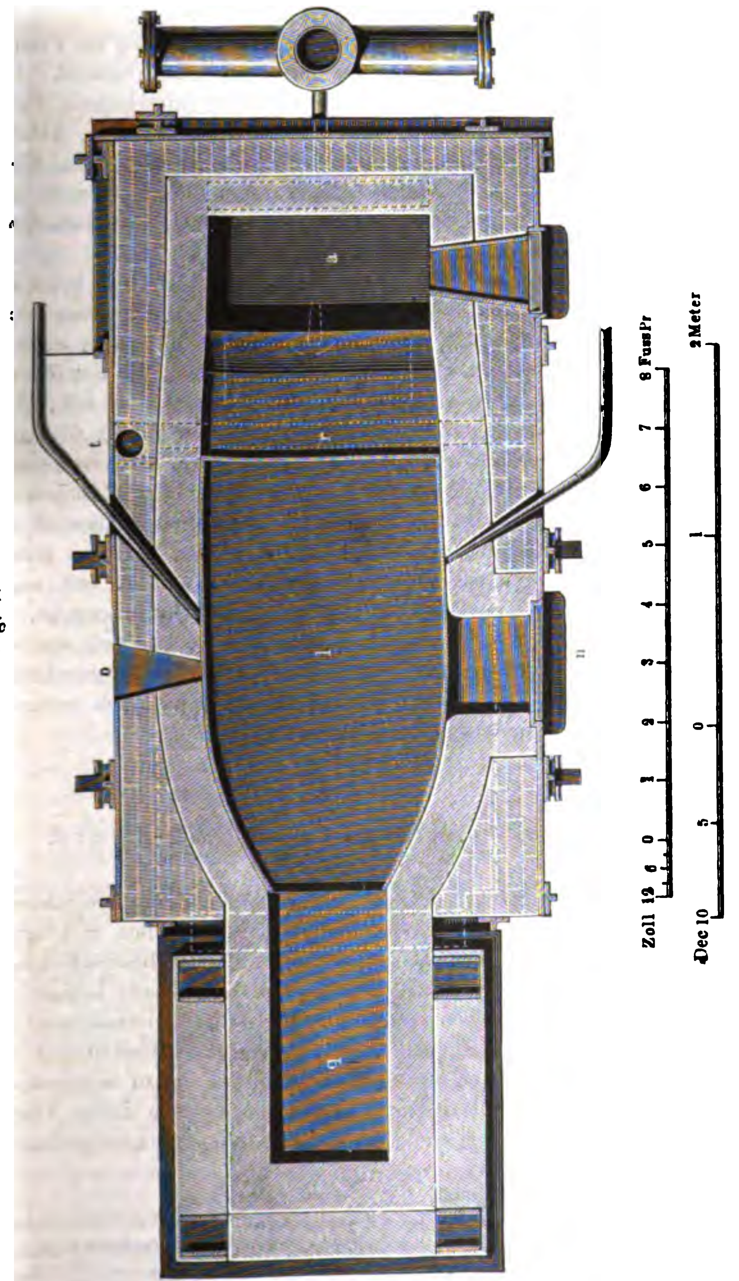
Ansicht des Gasfeinofens zu Königshütte in Oberschlesien.

Fig. 6.



Längenquerschnitt des Gasfeinofens zu Königshütte in Oberschlesien.

Fig. 7.



Grundriss des Gasfeinofens zu Königshütte in Oberschlesien.

schnitt 10 bis 12 Procent. An Steinkohle verbraucht man 72 Kg, an Kalkstein 1 Kg auf 100 Kg Feineisen.

Chemische Vorgänge. Die Vorgänge beim Feinen im Flammofen sind im Allgemeinen ganz denen im Feinfeuer entsprechend. Da die Wände des Ofens, welche aus feuerfesten Ziegeln (kieselsaurer Thonerde mit Ueberschuss an Kieselsäure) oder Quarzschiefer bestehen, Kieselsäure abgeben [1]), so ist der Eisenverlust weit grösser, als dem Siliciumgehalte des Roheisens entsprechen würde. Aus diesem Grunde schlägt man Kalk zu, welcher das Eisen wieder aus der Schlacke abscheidet, dabei aber letztere sehr schwerschmelzig macht.

Zuweilen giebt man beim Feinen im Flammofen, wie beim Feinen im Feinfeuer, Frischschlacken zu. Dieselben werden entweder mit dem Roheisen zugleich eingesetzt, oder erst später, nachdem das erstere geschmolzen ist, eingeführt. Im letzteren Falle geschieht der Zusatz periodenweise (in drei bis vier Sätzen) [2]) und jedesmal wird mit hölzernen Rührstangen umgerührt. Diese schon in eine Mischarbeit übergehende Operation ist namentlich da oft angewendet worden, wo man den Flammofen mit directer Feuerung und Zugluft, ohne Zuführung von Gebläseluft betrieb [3]). Hierbei geben die Schlacken Sauerstoff an das Silicium des Roheisens ab, während Eisen aus ihnen reducirt wird. Es entsteht mithin eine kieselsäurereichere Schlacke, welche oft sogar in ein Bisilicat, ähnlich einer Holzkohlenhochofenschlacke, übergeht. Karsten [4]) nimmt, wohl mit Unrecht, an, dass dies vorzüglich durch Aufnahme von Kieselsäure aus dem Sande des Schmelzherdes geschehe.

Statt der Schlacken werden mit gleichem Erfolge auch reine Eisenerze (Roth- und Magneteisensteine) benutzt.

Vergleich des Feinofens mit dem Feinfeuer.

Der Feinofen erfordert höhere Anlage- und Unterhaltungskosten als das Feinfeuer, dabei geschicktere Arbeiter, liefert aber mit grösserer Sicherheit ein Product von voraus zu bestimmender Beschaffenheit und giebt unter Anwendung von Kalkzuschlag bei hinreichend hoher Temperatur einen geringeren Eisenabgang. Der Brennmaterialienaufwand würde sich leicht durch Benutzung von Regeneratoren noch bedeutend vermindern lassen. Hinsichtlich der chemischen Einflüsse ist zu bemerken, dass der Schwefelgehalt sich während des Feinens im Ofen durch Oxydation vermindert, während beim Feinen im Feuer sich der Schwefelgehalt regel-

---

[1]) Namentlich gelangen Theile davon mechanisch in das Roheisen, theils durch Abbröckeln, theils durch Berührung mit den umhergeschleuderten Eisentheilchen. — [2]) Zusammen $1/6$ bis $1/4$ der Roheisenmenge. — [3]) Karsten, Eisenh. IV, S. 194. — [4]) Loc. cit. S. 195.

mässig vermehrt, offenbar durch Aufnahme von Schwefel aus der Koksasche. Eine geringe Menge von Schwefel kann in beiden Fällen durch das Aufgiessen von Wasser beim Abstich entfernt werden. Der hierbei deutlich wahrnehmbare Geruch nach Schwefelwasserstoff beweist das. Freilich kann allerdings ebensowohl das Metall als die Schlacke hierzu beitragen.

Feinen mit Wasserdampf [1]). In Ebbw Vale hat Parry unter Anwendung von Wasserdampf zu feinen versucht. Er verwendete hierzu einen Flammofen mit sehr hoher Feuerbrücke, so dass die Flammen auf das tiefliegende Metallbad hinunterströmten. Der Ofen war dicht an einem Hochofen angelegt, aus dem jedesmal 1750 Kg Roheisen direct abgestochen wurden. Zwei Formen von je 2·86 cm Durchmesser und eine von 3·17 cm Durchmesser hatten in ihren Axen 0·95 cm weite Röhren, aus welchen überhitzter Dampf ausströmte, und eine grosse Menge atmosphärischer Luft durch den concentrischen Raum mitriss. Die Wirkungsweise des Dampfes sollte die sein, Schwefel und Phosphor aus dem Roheisen zu entfernen. Es wird angegeben, dass diese Wirksamkeit des Wasserdampfes auf die Entfernung von Phosphor und Schwefel viel grösser bezüglich der Schlacke als des Roheisens gewesen sei. Die Schlacke behielt nur einen Gehalt an diesen Stoffen, welcher den der meisten Eisenerze nicht übertraf.

Parry bemerkt, dass das Vorhandensein eines unter der Schlacke befindlichen Roheisenbades erforderlich erscheine, so dass sich die Schlacke allein nicht entschwefeln und entphosphorn lasse, und glaubt, Schwefel wie Phosphor müssten in Verbindung mit Wasserstoff entweichen. Es sollte bei diesem Processe ausserdem eine Kohlenersparniss gegen das gewöhnliche Feinfeuer wie 1 : 3 gemacht und dabei der Gebläsewind für sechs Formen entbehrt werden können.

Das Verfahren, schon 1856 [2]) versucht, hat sich keinen weiteren Eingang verschafft, obwohl es wiederholt empfohlen und selbst praktisch benutzt worden ist [3]). Die Gründe werden folgende sein: Eine Brennmaterialersparniss ist bei dem Parry'schen Versuche wohl nur dadurch erzielt worden, dass das Eisen direct vom Hochofen entnommen, also das Einschmelzmaterial erspart wurde; im Uebrigen wird durch die Zersetzung des Wasserdampfes, welche vom flüssigen Eisen allerdings unter Oxydation desselben herbeigeführt werden muss, Wärme verbraucht,

[1]) Percy, Iron, S. 667. — [2]) Berg- und Hüttenzeitung 1857, S. 117; übrigens ist schon 1835 die Anwendung von Wasserdampf gemischt mit atmosphärischer Luft für den Puddelprocess von Guenyveau vorgeschlagen worden. Vergl. Nouveaux procédés pour fabriquer la fonte et le fer en barres. Par A. Guenyveau, Ingénieur en chef et professeur de Minéralurgie à l'Ecole Royale des Mines de France, Paris 1835, 8vo, p. 63. — [3]) So z. B. von Rossiwall und Weniger, welche zu Nadrag unter Benutzung eines Holzkohlenherdes den Feinprocess mit Wasserdampf ausführten. Kerpely, Fortschritte 1864, S. 206.

welche bei Anwendung blosser atmosphärischer Luft nicht aufgewendet wird. Die Ersparniss an Kraft zur Gebläsewinderzeugung wird reichlich durch die zur Dampferzeugung aufgewogen, da bekanntlich der Effect eines Dampfgebläses bei gleichem Dampfverbrauche ein wesentlich höherer als der eines Luftinjectors ist, und als solche wirkten die beschriebenen Düsen. Die Bildung von Schwefelwasserstoff ist nicht zu bezweifeln, diejenige von Phosphorwasserstoff entspricht nicht den Erfahrungen der Chemie. Die Bildung einer phosphorfreieren Feinschlacke in Verbindung mit dem Eisenbade ist wahrscheinlich durch Rückaufnahme des Phosphors in das Eisen hervorgerufen worden.

Ist dies richtig, so würde der Vortheil nur ein illusorischer sein. Noch weniger ist bei der directen Berührung mit Koks von der Anwendung des Wasserdampfs im Feinfeuer zu erwarten.

Verhalten des Phosphors beim Feinen. Eine Abscheidung des Phosphors beim Feinen findet niemals statt, wenn der Feinprocess in einer einfachen Oxydation des Siliciums besteht und nicht durch Zuschlag von Eisenoxydoxydul in einen beginnenden Entkohlungsprocess übergeführt wird. Schon Karsten hat angegeben [1]), dass nach seinen Untersuchungen das gefeinte Eisen gerade so viel Phosphor enthalte, als das graue, aus dem es bereitet wird. Nichtsdestoweniger führt derselbe Autor auf Grund von Untersuchungen Berthier's gleich darauf [2]) Folgendes an:

> „Berthier hat die Schlacke aus Feineisenfeuern untersucht und gefunden, dass sie eine bedeutende Menge Phosphorsäure enthält, während sich diese in der Schlacke, die beim Verfrischen des Feineisens (also im weiteren Verlaufe der Oxydation) erhalten wird, nicht mehr auffinden lässt. In ähnlicher Weise, fügt Karsten hinzu, wie der Phosphor bei der Feineisenbereitung in Phosphorsäure umgeändert und in die Schlacke gebracht wird, werden auch das Mangan und das Silicium verschlackt."

Diese letztere Ansicht ist denn auch ohne Rücksicht auf den darin enthaltenen Widerspruch später ganz allgemein als richtig angenommen worden und fand scheinbar ihre Bestätigung durch Untersuchungen über den Puddelprocess, von denen später die Rede sein wird. Sie wurde erst wieder berichtigt, als auf des Verfassers Veranlassung zu Königshütte in Oberschlesien Versuche angestellt wurden, ein für den Bessemerprocess geeignetes, d. h. hinreichend phosphorfreies Rohmaterial darzustellen [3]).

Man durfte nach jener allgemein verbreiteten Ansicht hoffen, durch ein einfaches Feinen den Phosphorgehalt zur Genüge zu entfernen, um darauf durch Zuführung von Kohlenstoff und erforderlichen Falls von

---

[1]) Eisenhüttenkunde IV, S. 196. — [2]) Loc. cit. S. 197, bei Beschreibung des Feinprocesses im englischen Feuer und später S. 200. — [3]) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1866, S. 155.

Silicium ein geeignetes Roheisen zu erhalten. Es blieb die Wahl, das englische Feinfeuer oder den Gasflammofen zu benutzen. Die directe Berührung der Schlacke und des Eisens mit den Koks im Feinfeuer liess leichter eine erneute Reduction der bereits abgeschiedenen Phosphorsäure erwarten, als im Flammofen, weshalb letzterem der Vorzug gegeben wurde.

Das Roheisen, welches benutzt wurde, war aus Brauneisenerzen der Gegend von Beuthen mit 29·7 Proc. Eisengehalt bei 35 Proc. Muschelkalk als Zuschlag, bei garem Gange und kaltem Winde erblasen. Es war sehr fest, von mittlerem grauen Korne und enthielt 0·497 Proc. Phosphor. Nach dreistündigem Schmelzen im Feinflammofen enthielt eine Probe 0·570 Proc. Phosphor, nach vierstündigem Feinen eine zweite Probe 0·514 Proc. Phosphor. Es hatte also eine relative Zunahme, oder aber unter Berücksichtigung des Eisenabganges (12·5 Proc.) ein vollständiges Gleichbleiben des Phosphorgehaltes stattgefunden. Es wird von diesen Versuchen noch weiter unten beim Puddelprocess und bei der Kohlungsstahlerzeugung die Rede sein.

Verhalten des Mangans. Mangan wird im Feineisenfeuer sowohl als im Feinflammofen fast ganz vom Roheisen abgeschieden und in die Schlacke geführt. Karsten [1]) führt an, dass nach seiner Untersuchung mehr als 80 Proc. verloren gehen.

Schlussfolgerungen über den Feinprocess.

Der wesentlichste Einfluss der sämmtlichen Feinprocesse auf das ihnen unterworfene Roheisen ist die Umwandlung des graphitischen in den amorphen Kohlenstoff. In dieser Richtung ist der Feinprocess eine sehr nützliche Vorbereitung für das Frischen, welches dadurch wesentlich beschleunigt wird. Ob das Feinen in der Praxis vortheilhaft sei, wird immer eine Frage der Oekonomie bleiben und diese wieder von dem Brennmaterialaufwande abhängig sein.

Der Feinprocess kann mit einer grösseren Menge von Roheisen gleichzeitig vorgenommen werden, als der Frischprocess, er wird daher auf gleiche Mengen Material bezogen, weniger Brennmaterial erfordern, als wenn er nur den ersten Theil eines Frischprocesses bildet. Andererseits ist nicht zu vergessen, dass dieser Process fast immer eine doppelte Abkühlung [2]) mit sich bringt, welche fortfällt, wenn sich der Frischprocess direct anschliest, dass ferner das bei seiner Verbrennung

---

[1]) Loc. cit. S. 201. — [2]) Eine einmalige nur, wenn das Roheisen flüssig aus dem Hochofen in das Feinfeuer oder flüssig aus dem Feinfeuer in den Frischapparat gelangt.

selbst Hitze erzeugende Silicium für den Frischprocess bereits verloren ist und dass sich das gefeinte Roheisen schwerer, also nur mit grösserem Brennmaterialaufwande einschmelzen lässt, als das ungefeinte. Da ferner eine Reinigung von Schwefel nur untergeordnet und zwar nur im Flammofen, eine Entfernung des Phosphors gar nicht stattfindet, die Abscheidung des Mangans, wie sich später zeigen wird, für die meisten Fälle nicht einmal wünschenswerth ist, so ist zu folgern, dass der Feinprocess für ein nur, oder hauptsächlich amorphen Kohlenstoff enthaltendes, also ein weisses oder ein stark halbirtes Roheisen, durchaus nicht empfehlenswerth ist. Es werden sich der Regel nach ökonomisch günstigere Resultate ergeben, wenn im Hochofen weisses Roheisen erzeugt und dies ungefeint verfrischt wird, als wenn ein grau erblasenes Roheisen dem Feinen vor dem Frischen unterliegt. Für halbirtes Roheisen wird aus demselben Grunde eine Ueberführung in weisses durch Abschrecken (Guss in eisernen Formen) dem Feinen vorzuziehen sein.

In Deutschland hat übrigens der Feinprocess niemals so ausgedehnte Anwendung gefunden, wie in England und ist daher im Allgemeinen auch schnell wieder ausser Anwendung getreten, sobald man gelernt hatte, im Hochofen bei garem Gange regelmässig weisses Frischereiroheisen zu erzeugen.

c. Die Mischarbeiten.

Unter Mischarbeit versteht man die Vorbereitung des Roheisens zu den Frischprocessen durch Mischung desselben mit eisenoxydhaltigen Substanzen. Obwohl die hierhin gehörigen Processe im Wesentlichen nur mechanischer Natur sind, findet doch fast immer gleichzeitig eine mehr oder weniger starke Einwirkung des Oxydsauerstoffs auf das Roheisen in ähnlicher Art statt, wie im Beginne des Feinprocesses oder der im Folgenden beschriebenen Glüharbeit.

Bereits im Vorhergehenden [1]) ist der Zusatz von Schlacken und Erzen bei den eigentlichen Feinarbeiten im Hochofen, im Hartzerrennfeuer, dem englischen Feinfeuer und dem Feinofen besprochen. Es finden sich von dieser einfachen Manipulation an bis zu der eigentlichen Mischarbeit eine Menge von Uebergängen.

Kortitscharbeit.

Tunner [2]) beschreibt drei im Holzkohlenfeuer ausgeführte, zur Vorbereitung des Roheisens für das Frischen dienende Methoden. Nach der

---

[1]) S. 25, 26, 30 und 40. — [2]) Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 30 u. 51.

ersten werden in das nach dem Hartzerrennen in flüssigem Zustande auf dem Boden des Feuers befindliche Roheisen gare Schlacken (Frischschlacken, Schweissschlacken, Hammerschlag) in nuss- bis faustgrossen Stücken vermittelst hölzerner Keulen eingedrückt. Durch Wassergiessen wird dann die oberste Lage zum Erstarren gebracht und als sogenannter Boden abgehoben. Die Operation wird wiederholt, bis das Eisen von circa 250 Kg Gewicht in 6 bis 8 Böden entfernt ist. Je unvollkommener die Feinung war, um so mehr Schlacken wendet man an, im Ganzen 2 bis 12 Kg auf 100 Kg Eisen.

Müglaarbeit.

Bei einer zweiten Methode (der Müglaarbeit) wird nach vollbrachtem Einschmelzen von 250 bis 500 Kg Roheisen der Herd gleichfalls bis auf das Metallbad abgeräumt, worauf zerkleinerte gare Zuschläge eingetragen und mit einer Holzstange eingerührt werden. Die Mischung wird mit schaufelartigen Instrumenten auf ein auf der Gichtplatte vorbereitetes Bett gepochter Garschlacke geschafft und dort abermals durchgerührt. Die Masse wird dann zur Hälfte wieder in den mit nasser Kohlenlösche ausgeschlagenen Herd gebracht und durch Nachtragen des Restes, Einschlagen u. s. w. in eine gefrittete Masse umgewandelt, die schliesslich in drei Stücke (Kortitsch, Kartitsch, Kotizze) zertheilt, das Material für den nachfolgenden Frischprocess abgiebt.

Sinterprocess.

Endlich ist noch die Salzburgische Methode (Sinterprocess) zu erwähnen, nach welcher das im glühenden Zustande unter einem schweren Hammer zu Sand gepochte Roheisen mit Glühspan (Sinter) gemengt und mit Wasser abgelöscht wurde.

Diese Methoden sind da, wo der Puddelprocess den Herdfrischprocess verdrängt hat, ganz in Vergessenheit gerathen.

Ellershausen'scher Mischprocess.

In neuerer Zeit ist von Ellershausen [1]) wieder ein ganz ähnlicher Vorbereitungsprocess aufgenommen worden, welcher in Nordamerika einige Verbreitung gefunden hat.

Der Process besteht in einer innigen Mischung von gepulvertem Eisenstein mit dem aus dem Hochofen abgestochenen flüssigen Roh-

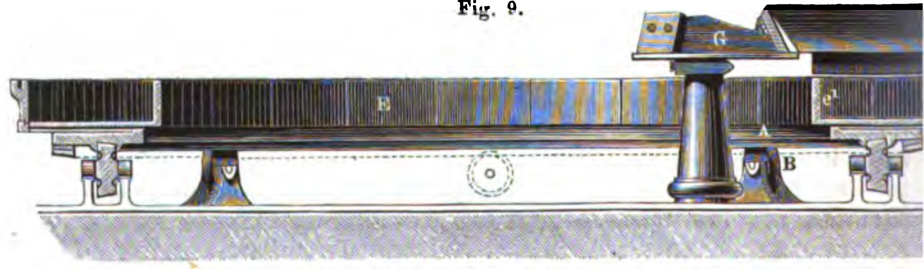
[1]) Engineering 1870, p. 21, Gruner in der Berg- und Hütten-Zeitung 1869, S. 451 und Klüpfel, ebendaselbst 1871, S. 50.

Fig. 8.

Fig. 10.

Grundriss.

Fig. 9.



Verticalschnitt.

Ellershausen's Mischapparat.

eisen. Diese Mischung wird in einem in Fächer abgetheilten ringförmigen, rotirenden Apparate ausgeführt, welcher durch Fig. 8 bis 10 abgebildet ist.

Der Ring A hat auf amerikanischen Werken meist 6 m Durchmesser; jedoch schwankt die Grösse auf anderen Hütten zwischen 4·8 und 8 m. Er gleitet auf Rollen B und ist an der Unterseite mit einem Zahnkranze c versehen, in welchen ein von dem Motor bewegtes Zahnrad eingreift. Auf dem Ringe ruht der in Fächer getheilte Kasten E, der aus einzelnen Segmenten zusammengesetzt ist, wie sich aus Fig. 8 ergiebt. Die Aussenseite e_2 ist — ein vergrösserter Durchschnitt e_1, e, e_2 nach Linie UV, Fig. 10, in der Mitte des Grundrisses zeigt dies deutlicher — herausnehmbar und die einzelnen Theile werden durch einen zusammenhängenden Ring e_3, welcher in die Nute von e_2 greift, zusammengehalten. Die Zwischenwände F sind gleichfalls herausnehmbar. An einer feststehenden Säule G ist das Reservoir für das flüssige Roheisen H befestigt, an welches sich eine geneigte Ebene H_1 anschliesst. Durch die letztere gelangt das Eisen in Form eines flachen Stroms in die sich darunter fortbewegenden Fächer. Gleichzeitig rieselt aus dem Troge K gepulvertes Erz auf die geneigte Ebene L, von der herabgleitend es den Eisenstrom trifft und sich mit demselben mischt. Auch der Trog K ist an einer hier nicht gezeichneten Säule befestigt, die drehbar gemacht und mit mehreren (gewöhnlich 3) Trögen versehen sein kann, welche zur Vermeidung jeder Betriebsunterbrechung abwechselnd gefüllt werden.

Zu Dowlais in Südwales hat der Ring eines solchen Apparates aussen 4·8 m Durchmesser, 60 Fächer von 0·6 m Breite im Radius und 0·15 m Tiefe.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit an der Peripherie wird der Regel nach nicht über 0·4 bis 0·5 m pr. Secunde genommen und der Strom von Eisen und Erz in einer solchen Stärke, dass sich jedes Fach erst nach 7 bis 8 Umgängen vollständig füllt. In Dowlais gehören hierzu jedesmal 5 Minuten. Dadurch entstehen ebensoviel übereinander liegende, leicht zu trennende Kuchen. Das Verhältniss zwischen Erz und Roheisen wird gewöhnlich wie 42 : 100 genommen, richtet sich jedoch ganz nach der Beschaffenheit beider und sinkt bei reinen Magneteisenerzen auf 11 : 100. Das erstarrte, kuchenbildende Gemisch wird durch Gabeln mit Hand oder Krahn herausgehoben. Vor Beginn der Arbeit wird der Boden jedesmal mit Erzstaub oder den Abfällen der vorigen Charge bestreut, um ein Anbacken zu verhindern.

Der von Ellershausen erdachte Apparat ist zu Pittsburg in Nordamerika von Shoenberger & Co. in die Praxis eingeführt und dort von Blair wesentlich verbessert worden. Zu Burden-Hütte bei Troy hat der Apparat 8 m Durchmesser. Man zieht manganreiche Brauneisenerze den Magnet- und Rotheisensteinen vor, wendet aber stets nur die reinsten Sorten an. Bei Shoenberger verwendet man Magneteisensteine mit 63 Proc. Eisen, welche schwefelfrei sind und nur eine Spur

Phosphor enthalten, bei Lyon Shorb (Sligo und Penna) Brauneisensteine mit 60 Proc. Eisenoxyd, welche bei 0·21 Proc. Phosphorsäure, 13 Proc. Wasser, und ausserdem Thonerde und Kieselsäure enthalten.

Chemische Vorgänge. Es sind mehrfache Analysen mitgetheilt worden, welche beweisen sollen, dass der Process für das Puddeln sehr günstig wirke [1]).

	a.	b.	c.
Amorpher Kohlenstoff	2·87	0·43	0·39
Grafit	1·34		
Silicium	1·02	0·20	0·09
Schwefel	0·14	0·011	0·006
Phosphor	0·58	0·12	0·14
Eisen	92·46	—	—

Kupfer, Kobalt, Calcium, Aluminium und beigemengte Schlacke sind nicht bestimmt.

a. ist Roheisen von Shoenberger & Co. bei Koks aus Erzen vom Lake superior, von Sterling und Marmora, letztere beide in geringer Menge, erblasen,
b. daraus gepuddeltes Eisen ohne Ellershausen's Process,
c. desgleichen mit Anwendung des letzteren.

	d.	e.	f.	g.	h.	i.
Amorpher Kohlenstoff	1·05	1·34	0·34	0·29	0·31	0·24
Grafit	3·86	3·18				
Silicium	0·93	0·41	0·17	0·16	0·07	0·05
Schwefel	0·03	0·009	Spur	Spur	Spur	Spur
Phosphor	0·57	0·22	0·25	0·22	0·16	0·15
Eisen	93·01	94·45	—	—	—	—
Mangan	0·21	Spur *)	—	—	—	—
	99·66	99·569				
Schlacke**)	6·34	6·40	—	—	—	—

*) Kobalt. — **) Und Spuren von Kupfer, Aluminium, Calcium und Kobalt.

d. Roheisen von Sligo Hütte,
e. Roheisen von Penna,
f. Schmiedeisen aus d. gepuddelt ohne Ellershausen's Process,
g.} h.} „ „ d. „ mit Ellershausen's Process,
i. Schmiedeisen aus e. mit Ellershausen's Process gepuddelt.

[1]) Engineering 1870, S. 21.

Zu weiterem Beweise werden noch zwei Schlacken angeführt:

	k.	l.
Kieselsäure	14·02	8·95
Eisenoxyd	17·71	16·01
Eisenoxydul	60·31	68·88
Kalkerde	2·08	1·74
Magnesia	0·84	0·85
Thonerde	1·44	1·31
Phosphorsäure	2·54	1·74
Schwefeleisen	0·88	0·72
	99·82	100·20

Beide Schlacken rühren vom Puddeln des Roheisens *a*, aber *k* wurde beim Puddeln mit Zusatz gewöhnlicher Puddelschlacke, *l* dagegen unter Zusatz von Schlacke, welche beim Verpuddeln des nach Ellershausen's Methode vorbereiteten Eisens gefallen war, dargestellt.

Diese Analysen sind insofern wenig lehrreich für die Beurtheilung des Processes, als daraus nicht die etwaige Veränderung hervorgeht, welche das Eisen durch die Vermischung mit Erz erlitten hat, und die offenbar bessere Qualität des dargestellten Eisens ebensogut das Resultat eines sorgfältigeren Puddelns sein kann. An sich würden die Schlackenanalysen, deren erste mehr Phosphorsäure als die zweite enthält, nur gegen den Process sprechen; aber die verschiedenartige Schlacke, welche man benutzt hat, lässt auch eine umgekehrte Schlussfolgerung zu. Gerade deshalb haben aber auch diese Analysen keinerlei Beweiseskraft [1]).

Wenn der Ellershausen'sche Process ausser einer innigen mechanischen Mischung, welche übrigens nach Klüpfel so unvollkommen sein soll, dass man mit blossem Auge leicht die einzelnen Lagen Erz und Eisen unterscheiden kann, einen chemischen Erfolg haben kann, so beruht dieser nicht — wie der Erfinder selbst angenommen zu haben scheint — in einer beginnenden Entkohlung, sondern vielmehr nur in einer Oxydation des Siliciums, also in einem Feinen. Da aber das flüssige Roheisen beim Zusammentreffen mit kaltem Erzpulver beinahe sofort erstarrt, so kann selbst eine solche Feinung nur sehr unvollkommen sein und ist es in der That.

[1]) Es möge bei dieser Gelegenheit auf einen Uebelstand aufmerksam gemacht werden, welcher bei der Einführung neuer Processe und Arbeitsverfahren fast immer eintritt und zu grosser Unsicherheit der Beurtheilung führt. Der Erfinder ist wohl mit seltenen Ausnahmen stets voreingenommen von der Wirksamkeit und Nützlichkeit seines Verfahrens. Er wird den Process, durch welchen er den Beweis führen will, mit besonderer Sorgfalt leiten und dadurch zu Resultaten kommen, die in der That sehr günstig erscheinen, während ihn der frühere Process, mit gleicher Sorgfalt geleitet, vielleicht dieselben Resultate liefern würde. So täuscht sich oft der Erfinder selbst und dann Andere, ohne die Absicht der Täuschung zu haben.

Klüpfel[1]) giebt allerdings an, dass ein in Coquillen gegossenes, grau erscheinendes Roheisen nach dem Ellershausen'schen Processe weissen Bruch zeige, er theilt aber nicht mit wie viel Grafit das erstere enthalten habe und es kann daher die Abänderung lediglich auf einem Abschreckungsprocesse beruhen.

Von einer Abscheidung anderer Stoffe, namentlich des Phosphors, kann keine Rede sein. Es entsteht mithin nur die Frage, ob die innige Mischung der Erze und des Eisens einen Vortheil für die Puddelarbeit erwarten lässt.

Verwendet man reiche Eisenerze, so wird das Eisen derselben beim Puddelprocesse theilweis mit ausgebracht; es tritt dem im Roheisen enthaltenen metallischen Eisen hinzu, vermehrt also das Ausbringen. Sind die Eisenerze reiner als das Roheisen, so wird das ausgebrachte Eisen unter sonst gleichen Umständen auch reiner ausfallen, als das Eisen, welches lediglich aus diesem Roheisen erzeugt werden kann. Hieraus erklärt sich das von Dr. Wurth constatirte Mehrausbringen von 5 Proc. über das Gewicht des benutzten Roheisens, freilich nicht hinreichend die zu erhebliche Verminderung von Phosphor, deren Grund deshalb voraussichtlich mehr in der vorsichtigeren Arbeit des nachfolgenden Puddelns zu suchen ist.

Beim Einschmelzen wird durch den Erzzusatz eine so beschleunigte Oxydation eintreten, dass der Puddelprocess wesentlich abgekürzt und daher an Brennmaterial gespart werden kann. Dr. Wurth giebt die Productionsvermehrung wie 11 : 6, also beinahe auf das Doppelte, die Brennmaterialersparniss zur Hälfte an. Darf man auch diese Angaben als weit übertrieben ansehen, so ist doch an einem wesentlichen Einfluss in beiden Richtungen nicht zu zweifeln. Ist also ein Roheisen so beschaffen, dass aus einer Beschleunigung des Puddelns ein Nutzen entspringt, so ist auch der Ellershausen'sche Process eine gute Vorbereitungsmethode. Ist dies nicht der Fall, so darf man keinen Vortheil daraus erwarten. Ohne den folgenden Erörterungen vorzugreifen, kann schon jetzt gesagt werden, dass die Beschleunigung des Puddelprocesses nur dann zulässig ist, wenn man es mit reinem Roheisen zu thun hat. Da hiernach zu dem Ellershausen'schen Processe erstens reines Roheisen, zweitens reines Erz erforderlich ist, so kann der Fall einer vortheilhaften Anwendung nur sehr selten zutreffen. Das verwendete Erz muss reich an Eisen sein; denn enthält es erheblichere Mengen von Kieselsäure, so entsteht derselbe Nachtheil, den alle Rennarbeiten[2]) gegen den combinirten Hochofen- und Frischprocess haben: es wird eine der Kieselsäuremenge entsprechende Menge von Eisen verschlackt, während beim Hochofenprocesse die Kieselsäure abgeschieden und bei einem ohne Erz geführten Frischprocesse nur die geringe Menge Silicium oxydirt und verschlackt zu werden braucht, welche das Roheisen enthält.

---

[1]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1871, S. 50. — [2]) Vergl. Abth. I, S. 572 u. 606.

Da nun reines weisses Roheisen im Puddelofen mit hinreichender Schnelligkeit gart, namentlich wenn es in Vorwärmherden, welche mit der Abhitze der Puddelöfen erhitzt werden können, zuvor ins Glühen gebracht ist, so liegt auch für ein solches Material um so weniger Veranlassung vor, den Ellershausen'schen Process zu wählen, als der Apparat eine Menge Anlage- und namentlich Unterhaltungskosten veranlasst und auch den Raum am Hochofen in wenig wünschenswerther Weise beengt. Es bleibt also kaum eine andere nützliche Anwendung als da, wo man ein reines graues Roheisen erzeugt und reine, gleichzeitig reiche Erze zu Gebote stehen hat. In solchen Fällen aber sollte man den Hochofenbetrieb so leiten, dass nicht graues, sondern weisses Roheisen erblasen wird.

Beispiele. In Nordamerika, namentlich auf den Werken zu Pittsburg [1]), hat sich der Process ziemlich eingebürgert. Er besteht ausser bei Shoenberger, auch bei Lyon, Short & Co. in Pittsburg, bei der Westermann Iron Co. in Sharon und bei Burden & Son in Troy. Als Resultate giebt Klüpfel folgende an:

Bei Shoenberger und Blair: Das Material besteht aus $^3/_4$ Roheisen und $^1/_4$ Brauneisenstein, der Drehtisch hat 6·3 m Durchmesser. Das Einstreuen geschieht sehr unregelmässig. Der Einsatz in die Puddelöfen ist nach Einführung des Verfahrens von etwa 240 Kg auf 350 Kg erhöht worden, die Zahl der Hitzen (5 bis 6 in 12 Stunden) aber die gleiche geblieben.

Bei Lyon, Short & Co. wird das Roheisen in Flammöfen umgeschmolzen. Man giebt 11 Proc. (58procentigen) Brauneisenstein und erhält aus den 111 Gewichtstheilen Einsatz 95 Gewichtstheile Rohschienen. Der Einsatz in die Puddelöfen ist von 225 auf 300 Kg erhöht worden. Der Werth wird besonders auf die verbesserte Qualität des Eisens gelegt, welche indessen, wie Klüpfel richtig bemerkt, wohl eher von dem Umschmelzen im Flammofen herrührt. Uebrigens ist die Erzmenge nicht grösser, als sie auch sonst in Puddelöfen verwendet wird.

Bei Burden & Son ist der Apparat am vollkommensten. Der Ring von 8·8 m Durchmesser hat eine Breite von 1·36 m und ist auch nach dieser Richtung in drei Abtheilungen getheilt, so dass also drei concentrische Reihen von Fächern entstehen. Der Ring fasst einen ganzen Abstich von 7500 Kg. An Erz werden 25 Proc. Magneteisenstein zugeschlagen. Man nimmt ein Mehrausbringen von 9 Proc. Rohschienen an, jedoch soll der Apparat sehr selten in Betrieb sein, was dieser Angabe wenig entspricht.

Zu Dowlais in England hat man nach längeren Versuchen den Process wieder ganz aufgegeben.

Ebensowenig Erfolg darf von der durch J. Palmer Budd zu Ystalifera [2]) vorgeschlagenen Methode erwartet werden. Hiernach sollen

[1]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1871, S. 49. — [2]) Dingler, polyt. Journ., Bd. 194, S. 336.

die gusseisernen Formen, in welche das Roheisen aus dem Hochofen abgestochen wird, mit einem Brei ausgestrichen werden, der aus gemahlenem Rotheisenstein und Wasser allein oder mit Zumischung von Natronsalpeter besteht.

d. Das Braten des Roheisens.

Unter Braten versteht man ein Glühen des Roheisens unter Luftzutritt. Die Vorgänge, welche aus einem solchen Verfahren zu erwarten sind, wurden schon früher (Seite 11) erläutert. Eine oberflächliche Oxydation muss immer stattfinden, und dann je nach der Temperatur eine mehr oder minder starke Oxydation des chemisch gebundenen Kohlenstoffs oder eine gleichzeitige Oxydation des Siliciums und dann oft Aussaigerung einer der Feinschlacke entsprechenden Verbindung.

Blattelbraten[1]).

Eine nur bei dem Verfrischen des in Scheiben gerissenen[2]) Roheisens im Holzkohlenherde angewendete Arbeit ist das Blattelbraten. Der Process wird in Kärnthen auf offenen Herden, selten in überwölbten, backofenähnlichen Räumen vorgenommen, zu denen durch einen Canal von unten schwach gepresster Gebläsewind zugeführt wird. Man setzt bis 7500 Kg Blatteln auf einen 3 bis 6 m langen, 1·5 bis 1·8 m breiten Herd in wenig geneigter Lage zu einem etwa 1 m hohen Haufen auf, nachdem der Canal mit bereits gebratenen Blatteln locker überdeckt worden war, und überschüttet das Ganze mit Garschlacke, dann mit Holzkohlenklein, so dass ein etwa 10 bis 13 cm dicker Kohlenmantel entsteht. 30 Stunden nach dem Anzünden ist das Braten vollendet. Die Blatteln werden nun ausgezogen, wozu abermals ca. 10 Stunden erforderlich sind. Der Brennmaterialaufwand auf 100 Kg Brateisen beträgt ungefähr 0·124 cbm Holzkohle.

Das Product des Bratens ist ein weisses, also gefeintes Eisen. Man bemerkt bei einem Durchbrechen der Blatteln zu verschiedenen Zeiten während des Bratens deutlich den allmäligen Fortschritt des Weisswerdens von aussen nach innen. An der Oberfläche zeigt sich stets eine Kruste Glühspan, dann folgt ein fast weisser (oft lichtgrauer) Saum, innerhalb endlich ein dunkelgrauer Kern mit deutlichen Grafitschuppen. Der Kern verschwindet bei hinlänglicher Dauer des Bratens schliesslich ganz. Steigt die Temperatur vor der Ueberführung des grauen Kernes in weisses Eisen bis zur Schmelztemperatur des ersteren, so rinnt er aus und bildet unter Zurücklassung hohler Blatteln die sogenannten Renner in dem Canal unter dem Feuer. Das zurückblei-

---

1) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 42. — 2) Vergl. S. 21.

bende weisse Eisen hat oft eine Abnahme an Kohlenstoff erlitten und kann sogar bereits in schmiedbares Eisen übergegangen sein.

Obwohl dieser Process als Vorbereitung fast gänzlich verschwunden ist, so besteht er doch in zweifacher Weise noch zur Darstellung von schmiedbarem Eisen fort, nämlich einerseits zur Darstellung des sogenannten schmiedbaren Gusseisens, anderseits zur Darstellung von Glühstahl. Beide Processe werden indessen erst später beschrieben werden und Gelegenheit bieten, auf die chemischen Vorgänge zurückzukommen.

Vorglühen.

Eine weit ausgedehntere Anwendung hat das Vorglühen gefunden, ein Process, welcher in erster Linie zwar den Zweck verfolgt, die Abhitze der Frischapparate zum Vorwärmen des in ihnen zu verarbeitenden Roheisens zu benutzen, gleichzeitig aber durch die stets dabei eintretende, oberflächliche Oxydation einen dem Braten ganz ähnlichen Einfluss ausübt. Wird auch nicht eine so vollkommene Mischung mit Oxyd und Oxydoxydul erreicht, wie etwa durch den Ellershausen'schen Process, so wird doch dieser Mangel durch die Ausnutzung der Abhitze reichlich ausgeglichen und der Process hat sich überall da bewährt, wo man ein reines, namentlich weisses Roheisen verarbeitet und in der Lage ist den Puddelprocess nach Möglichkeit zu beschleunigen. Die zu dem Processe benutzten Vorglühherde sind immer mit den Frischapparaten direct verknüpft und sollen daher in Verbindung mit letzteren beschrieben werden.

B. Das Herdfrischen.

Das Herdfrischen (*Fining* [1]) wird bei Holzkohlen in Herden ausgeführt, welche den Namen Frischfeuer [2]) haben. Die Frischfeuer sind der Regel nach mit gusseisernen Platten (Zacken) ausgefütterte kastenförmige, von Mauerwerk eingefasste Gruben, über deren einen Rand der Gebläsewind zugeführt wird. Der letztere dient gleichzeitig zur Verbrennung, also zu Wärmeerzeugung, und zur Oxydation des tropfenweis durch ihn fallenden Roheisens.

Die stetige Steigerung der Holzpreise in allen Gegenden, in welchen die Industrie sich zu einer höheren Stufe entwickelt hat und die daraus entspringende Schwierigkeit, die für den Herdfrischprocess durchaus erforderliche Holzkohle zu beschaffen, haben dazu beigetragen, diesen Process mehr und mehr zu verdrängen. Gegenwärtig wird er in Deutschland, Oesterreich und Frankreich nur noch in sehr untergeordneter Weise, hauptsächlich in gebirgigen, wenig durch Eisenbahnen aufgeschlossenen Gegenden ausgeführt, in England nur zu ganz bestimmten Zwecken (z. B. zur Darstellung des Eisens für die schwächsten Weissbleche in Südwales) gebraucht. Schweden allein bietet noch das Beispiel eines reichlichen Frischfeuerbetriebes, obwohl ihn auch dort der bei Gasfeuerung durchgeführte Puddelprocess und das Bessemern mehr und mehr verdrängen. Noch vor dreissig Jahren war die Sachlage eine ganz andere. Die Herdfrischarbeit blühte in allen Theilen des Festlandes von Europa und nur in England war sie bereits dem Puddeln ziemlich vollständig gewichen.

Das Herdfrischen ist ein Process, welcher grosse Aufmerksamkeit und mehr Intelligenz, sowie Beobachtungsgabe, als körperliche Kraft erfordert. Daher war auch, abgesehen von der eine verschiedene Handhabung bedingenden Beschaffenheit des zu Gebote stehenden Rohmaterials,

[1]) Das Wort *Fining* ist von Percy im Gegensatz zu *Refining* (Feinen) in der Bedeutung des Frischens gebraucht, analog dem französischen *affinage* und *raffinage*, aber man findet bei anderen englischen Autoren oft auch *refining* in der Bedeutung von Frischen. — [2]) *Charcoal hearth* oder *charcoal finery*.

je nach der Richtung, in welcher sich die von Geschlecht zu Geschlecht forterbende Geschicklichkeit ausbildete, eine Menge von Arten des im Grossen und Ganzen immer doch in gleichen Grundzügen ausgeführten Frischprocesses entstanden. Der geringe Verkehr zwischen den einzelnen Hüttendistricten in früheren Zeiten liess auch einen Ausgleich nicht aufkommen, ja man fand sogar in einem und demselben Bezirke beinahe auf jedem Hüttenwerke Abweichungen, welche an sich oft höchst unbedeutend doch von den Arbeitern starr festgehalten und als ganz wesentlich zur Erreichung des Zweckes angesehen wurden [1]. Hierdurch ist es auch nur erklärlich, wie zuweilen Gegenden, in welchen die intelligentesten Hüttenleute ihrer Zeit lebten, an veralteten Einrichtungen festhielten, welche erst mit dem Erlöschen der ganzen Arbeit zu Grabe gingen [2].

Die Herdfrischprocesse sind vielfach sehr ausführlich beschrieben worden. 1837 von Wigand [3]; mehrfach, zuletzt 1841, von Karsten [4], besonders sorgfältig noch 1858 von Tunner [5]. Hier soll nur auf diejenigen Processe genauer eingegangen werden, welche entweder besonders lehrreich in theoretischer Beziehung sind, oder noch gegenwärtig, namentlich in Schweden eine grössere Verbreitung besitzen, während die übrigen Modificationen nur kurze Erwähnung finden.

Die Arten des Herdfrischprocesses.

Bei dem Herdfrischprocesse sind die drei Perioden, welche Seite 10 geschildert wurden, sehr deutlich erkennbar, weil sie durch die Art der Arbeit scharf von einander geschieden werden.

Im Allgemeinen ist der **Vorgang** folgender:

Der Herd wird mit Kohlen gefüllt, die entzündet und durch den vermittelst einer geneigten (stechenden) Form eingeblasenen Windstrom lebhaft verbrannt werden. Von der der Form entgegengesetzten Seite wird das Roheisen in das Feuer geschoben, wo es tropfenweis abschmilzt, durch den Windstrom fällt, dabei oxydirt wird und sich so verändert sammt der gebildeten, sowie etwa beim Einschmelzen zugesetzten

---

[1] Der Verfasser hat auch diesen Process, wie die meisten Eisenhüttenprocesse, praktisch erlernt, und weiss aus Erfahrung, wie selbst einzelne Meister eifersüchtig an bestimmten Handgriffen festhielten, die, wie sie glaubten, ihnen einen Vorrang gegen ihre Genossen gaben. — [2] So konnte man sich in Oberschlesien trotz Karsten, Wachler, Eck und anderen bedeutenden Eisenhüttenleuten nicht von dem Vorzuge der bedeckten gegen die offenen Frischfeuer überzeugen. — [3] Frischhüttenbetrieb, oder Fabrikation des Stab- oder Schmiedeisens. August Wigand, Berlin 1837. — [4] Karsten, Eisenhüttenkunde, 3. Aufl. Bd. IV. — [5] Die Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden. 2 Vol. 8. Freiburg 1858.

Schlacke auf dem Boden sammelt. Das Feuer wird nun entleert und das Eisen von Neuem über die frischen in dasselbe gebrachten Holzkohlen gehoben, um abermals niederzuschmelzen, worauf die Operation nochmals wiederholt wird. Unreine Schlacke wird abgestochen und entfernt, reine dagegen als Oxydationsmittel bei derselben oder der folgenden Hitze zugeschlagen.

Wendet man graues Roheisen an und will man daraus Schmiedeisen erzeugen, so wird der Vorgang am ausgedehntesten. Beim ersten Niederschmelzen wird das Eisen gefeint, beim zweiten, dem Rohfrischen, in Stahl, beim dritten, dem Garfrischen, in Schmiedeisen übergeführt. Man nennt eine solche Frischarbeit: Dreimalschmelzerei oder Deutsche Frischarbeit. Wird ein gefeintes oder siliciumarmes aber kohlenstoffreiches weisses Roheisen als Material benutzt, so fällt die erste Periode des Feinens aus und es erfolgt durch zweimaliges Niedergehen Schmiedeisen. Diese Arbeit heisst Zweimalschmelzerei oder Wallonschmiede. Wird endlich ein silicium- und kohlenstoffarmes, daher stahlartiges Roheisen als Material benutzt, so fällt auch das Rohfrischen fort und das Schmiedeisen erfolgt bei einmaligem Niedergange. Die Arbeit heisst dann Einmalschmelzerei oder Schwalarbeit.

Wird ferner nicht Schmiedeisen-, sondern Stahlerzeugung beabsichtigt, so fällt stets die dritte Periode, das Garfrischen, aus, und je nach der Art des Materials erhält man eine Zweimal- oder Einmalschmelzerei auf Stahl.

Es versteht sich, dass eine Menge von Zwischenarbeiten oder Vermittelungsmethoden bekannt sind, von denen es oft schwer ist, sie einer dieser Abtheilungen bestimmt unterzuordnen.

Im Allgemeinen war für Schmiedeisen früher die Dreimalschmelzerei hauptsächlich in Norddeutschland und Frankreich, die Zweimalschmelzerei in den nordischen Ländern (England und Schweden), die Einmalschmelzerei in Oesterreich und Süddeutschland verbreitet. Gegenwärtig ist beinahe allein die Zweimalschmelzerei übrig geblieben. Ebenso gehörte für Stahlerzeugung die Zweimalschmelzerei mehr dem Norden, die Einmalschmelzerei dem Süden Europas an.

Karsten geht bei der Darstellung der Frischprocesse von dem complicirtesten, der Dreimalschmelzerei aus, Tunner verfolgt den umgekehrten Weg und beginnt mit der Einmalschmelzerei, Percy behandelt einige ausgewählte Processe ausführlich, die übrigen cursorisch.

Trotz der grossen Ausführlichkeit, mit welcher Tunner in seinem zweibändigen Werke die Herdfrischarbeiten umfasst, berücksichtigt doch auch er nur die wesentlichsten Verschiedenheiten. Er theilt folgendermaassen ein:

A. Schmiedeisenerzeugung.

I. Einmalschmelzerei.
1. die österreichische Schwalarbeit,
2. die steyrische Löscharbeit,
3. die kärnthische Löscharbeit mit gebratenen Blatteln oder mit Kortisch,
4. die siegensche Einmalschmelzerei,
5. die tyroler Schmiede,
6. die lombardische Mügla- und die salzburger Sinterarbeit.

II. Wallonschmiede.
7. die eifler Wallonschmiede,
8. die schwedische Wallonschmiede,
9. die engl. Wallonschmiede
   a) die Lancashire-Schmiede,
   b) die Südwaleser Schmiede,
10. die steyrische Wallonschmiede.

III. Deutsche oder Aufbrechschmiede.
11. die böhmische Anlaufschmiede,
12. die schwäbische Schmiede,
13. die französische Schmiede,
14. die rohnitzer Arbeit.

B. Stahlerzeugung.

1. die steyrische Rohstahlarbeit,
2. die kärnthische Rohstahlarbeit,
3. die tyroler Rohstahlarbeit,
4. die paaler Rohstahlarbeit,
5. die siegensche Rohstahlarbeit.

Von diesen fünf Methoden gehört nur No. 5 der Zweimalschmelzerei an.

Weniger folgerichtig ist die Karsten'sche Eintheilung.

A. Schmiedeisenerzeugung.

1. deutsche Frischschmiede mit
   Klump- oder Butschmiede,
   Frischschmiede,
   Suluschmiede,
   Halbwallonenschmiede,
   Anlauf- oder Taucheisenschmiede.
2. Wallonenschmiede,
3. Löschfeuerschmiede,
4. steyrische } Einmalschmelzerei,
5. siegensche }
6. Osemundschmiede,
7. Bratfrischschmiede,
8. Müglafrischschmiede,
9. Brechschmiede,

10. Sinterprocess,
11. Hart- und Weichzerrennschmiede,
12. Kortischarbeit,
13. Läuterfrischschmiede,
14. Südwaleser Frischschmiede.

B. Stahlerzeugung.

1. norddeutsche } Stahlschmiederei,
2. siegensche }
3. steyrische Schmiede,
4. Brescianarbeit und paaler Brescianarbeit,
5. kärnthner Brescianarbeit.
6. französische (Isère) Stahlschmiede.

Die Kenntniss dieser Eintheilungen ist nöthig, um im Folgenden ohne weitläuftige Erläuterungen an die Namen anschliessen zu können.

A. Schmiedeisenarbeit.

a. Deutsche Frischarbeit oder Dreimalschmelzerei.

Normaler Verlauf.

Die mit eisernen Platten ausgesetzte Herdgrube, über deren eine Seite der durch eine geneigte Form eingeführte Windstrom bläst, wird an den Kanten mit Kohlenlösche ausgefüttert, im Uebrigen mit Holzkohlen gefüllt. Nachdem dieselben in hellen Brand gerathen, wird das auf der der Form gegenüber liegenden Seite, der Gicht, aufgeschichtete Roheisen allmälig angeschoben, bis es abtropft. Die Tropfen fallen durch den Windstrom, werden gefeint und sammeln sich am Boden an. Während des Einschmelzens werden die von der vorhergehenden Arbeit herrührenden Stücke erhitzt und ausgeschmiedet. Ist das Einschmelzen (Feinen) vollendet, so werden die rückständigen Kohlen ausgeräumt, die Feinschlacke wird abgestochen und das gefeinte Eisen nach hinreichender Abkühlung mit einer Brechstange auf den Herd gehoben.

Geschieht dies in der Art, dass hierbei das Eisen in einzelne Stücke zertheilt wird, so nennt man die Arbeit „das Durchbrechen", wird das Eisen als unzertheilter Klumpen emporgehoben, so nennt man sie „das Rohaufbrechen". Der von Schlackenansätzen befreite Herd wird von Neuem mit Holzkohlen gefüllt. Das Rohfrischen beginnt mit Vorschieben der Stücke Feineisen gegen die Form. Die sich bildende Rohschlacke wird zum grossen Theil abgestochen und das sich auf dem Boden sammelnde stahlartige Eisen nach Ausräumen der Kohlen in ganzem Klumpen wieder über die Form gehoben (Garaufbrechen oder kurzweg Aufbrechen), während der inzwischen gereinigte Herd zum dritten Male mit Holzkohle beschickt wird. Die Entkohlung bei dem jetzt folgenden Garfrischen wird durch Zuschlag garer Schlacken be-

fördert. Meist findet bei diesem dritten Niedergehen des Eisens keine eigentliche Schmelzung mehr statt, vielmehr wird nur die zwischen den einzelnen Eisenkrystallen befindliche Schlacke flüssig, die Eisenkrystalle trennen sich und sinken in einem nur teigigen Zustande durch den Windstrom. Ihre Entkohlung würde sich ohne den Zuschlag der Garschlacken nicht vollenden lassen. Auf dem Boden sammelt sich ein Klumpen von Schmiedeisen, welcher aus dem Feuer gehoben, unter dem Hammer von der anhängenden Schlacke befreit (Zängen) und in Stücke (Schirbeln) zerschroten wird, welche bei dem nun wieder folgenden Einschmelzen einer weiteren Roheisenmenge erhitzt und zu Stäben ausgeschmiedet werden. Die Schlacke vom Garfrischen und Zängen giebt den Zuschlag für das Garfrischen des folgenden Roheisens.

Das schlesische Frischen.

Die Dreimalschmelzerei ist namentlich in Oberschlesien zur Ausbildung gelangt. Es wird deshalb die hiernach genannte Schlesische Methode beschrieben werden, wie sie bis zum Eingehen des Holzkohlenfrischens in Malapane üblich war.

Das Frischfeuer. Das hierbei benutzte Frischfeuer ist in den Figuren 10 bis 12 dargestellt [1]). Fig. 10 ist eine Vorderansicht, Fig. 11 ein Grundriss nach der Linie *ABCD*, Fig. 12 ein Verticalschnitt nach der Linie *EF* in Fig. 11.

Zwei Feuer liegen an einer gemeinschaftlichen Esse, welche etwas zurücktritt. In dem davor befindlichen Zwischenraum von ca. 1 m Breite befinden sich die Windleitungsröhren, der Windkasten *a* und ein Kühlwasserkasten *b* für die Brechstangen.

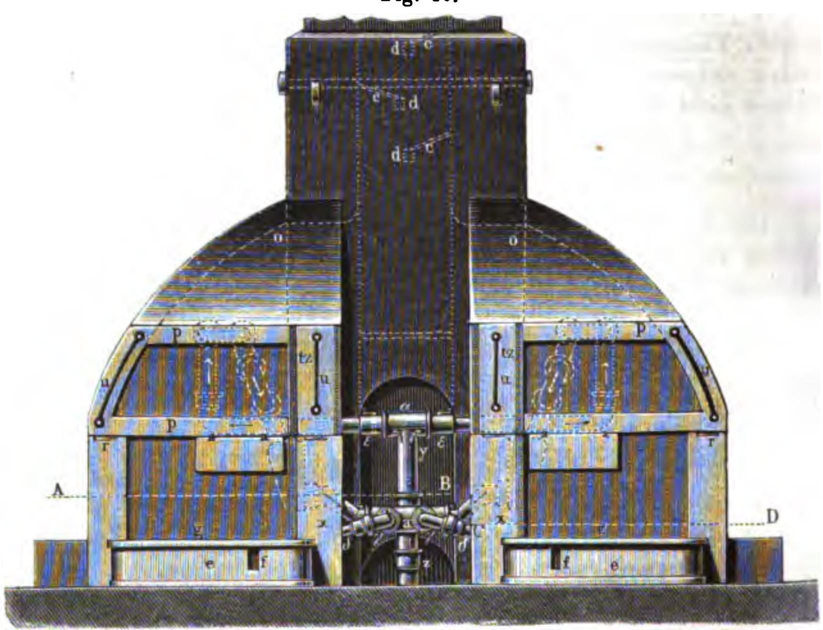
Der Essenschacht, welcher hier nicht zur Beförderung der Verbrennung, sondern lediglich zur Abführung von Gasen und Funken dient, hat einen Querschnitt von 0·628 × 0·785 m und ist mit abwechselnd gestellten Eisenplatten *c*, *d* zum Auffangen grösserer Funken versehen.

Die Herde selbst sind vorn mit gusseisernen Brust- oder Vorherdplatten *e*, worin sich eine zum Ablassen der Schlacke bestimmte Oeffnung *f* (das Schlackenloch) befindet, eingefasst und in der Herdhöhe mit gusseisernen Platten *g* abgedeckt. Der eigentliche Herdraum (das Feuer, die Herdgrube) ist mit gusseisernen Platten (Zacken) ausgesetzt. Die hintere Begrenzung *h* wird Hinterzacken genannt. An Stelle einer einzelnen hohen Platte (wie in der Fig. 12) stellt man meist zwei niedrigere auf einander und nennt dann die obere Aschenzacken, weil sich hinter derselben die aus der Esse zurückfallende Flugasche ansammeln soll; *i* ist der Formzacken, über welchen hinweg der Wind durch die Form eingeblasen wird, *k* der Gichtzacken, über welchen das Roheisen in den Herd gebracht wird, *l* ist der gusseiserne

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde, 3. Aufl. Atlas Tafel XLI, Fig. 1 bis 3.

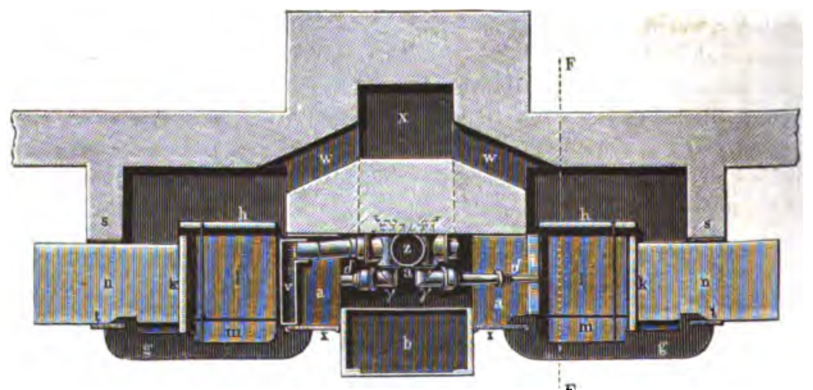
Boden. Der letztere liegt auf einer Lehmsohle, welche nachgiebig ist und das entsprechende Richten in horizontale oder geneigte Lage gestattet. Hierunter ist meist noch ein Raum (der **Tümpel**) ausgespart, welcher mit einer besonderen eisernen Platte bedeckt und mit Wasser gefüllt werden kann. Oft steht er durch ein Rohr mit der Arbeitsseite in Verbindung, um sich auch während der Arbeit mit Wasser versehen zu lassen und gleichzeitig sich entwickelnden Dämpfen einen Abzug zu


Fig. 10.



Schlesisches Frischfeuer. Vordere Ansicht.

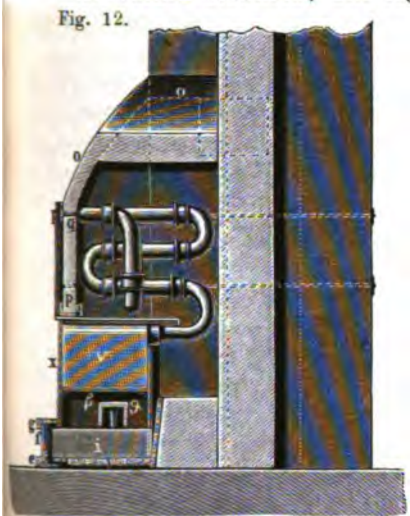
Fig. 11.



Grundriss nach *ABCD* (Fig. 10).

gewähren. Die Räume, welche am Boden zwischen den Zacken bleiben, werden mit Stücken Stabeisen, den sogenannten Sinterblechen *m*, ausgelegt. Auf den Platten *n* ruht das zu verarbeitende Roheisen auf. Die sich auf den Rahmen *p* stützenden Rauchmäntel führen Gase und Funken der Esse zu.

Fig. 12.

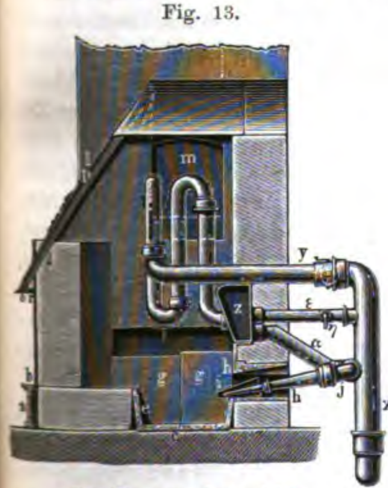


Verticaldurchschnitt nach *EF* (Fig. 11).

Der Wind gelangt vom Gebläse durch die verticale Röhre *z* in den Ventilkasten *a* und von dort durch *y* in die horizontale Muffenröhre *α*, wo er sich theilt, wird beim Circuliren in den mit Pfeilen versehenen Heizröhren vorgeheizt und erlangt seine höchste Temperatur in dem Kasten *v*. Von hier geht er wieder durch den Ventilkasten *a* und dann durch die Knieröhre *γ* in das Düsenrohr *δ*. Wird mit heissem Winde gefrischt, so communicirt der Ventilkegel nicht mit der Röhre *z*. Soll dagegen mit kalter Luft gefrischt werden, so schliesst man die Ventilklappe in den Röhren *ε* (Fig. 10) und stellt den Ventilkegel so, dass das Düsenrohr direct mit *z* communicirt.

Fig. 13 veranschaulicht die Windführung eines Frischfeuers auf der Karstenhütte bei Rybnick in Oberschlesien. *a* und *b* sind die Begrenzungsplatten, *c* ist der Boden des Frischfeuers, *e* der Gichtzacken, *g* die Hinterzacken. Die Form *i* liegt in dem Gehäuse *h*. Die von dem Essenma ntel *l* aufgefangenen Gase gehen durch die Oeffnung *m* zur Esse. Der Wind kommt vom Gebläse durch das Rohr *x* zum Feuer, geht durch *y* in die Erhitzungsröhren und den Heizkasten *z*, von dort durch *α* zum Düsenrohre *j*. Soll mit kaltem Winde gearbeitet werden, so geht derselbe direct von *x* durch *j*; um aber dann ein Verbrennen des Heizapparates zu verhindern, setzt man durch das Ventil *η* das Rohr *ε* und damit den ganzen Apparat mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, welche in demselben circulirt.

Fig. 13.



Frischfeuer zu Karstenhütte.

Die Düsen sind durch Kugelgelenk mit der feststehenden Leitung verbunden und führen den Wind durch eine kupferne Form, welche in einem Kasten liegt und in demselben leicht beliebig eingestellt werden kann, ins Feuer.

Der ganze Frischherd ist circa 1·57 m lang, 0·94 m breit und erhebt sich 0·39 m über die Hüttensohle. Die Dimensionen der Herdgrube richten sich zwar nach Art und Beschaffenheit des Roheisens, sind aber im Durchschnitt von Vorderwand bis Hinterzacken 0·84 m, von Formzacken bis Gichtzacken 0·73 m, von Formmündung bis zum Boden 0·26 bis 0·27 m.

Der Formzacken erhält eine geringe Neigung (10 bis 13 mm) ins Feuer, und der Hinter- und Gichtzacken eine solche aus dem Feuer. Der Boden liegt horizontal oder schwach geneigt, d. h. am Gichtzacken um höchstens 26 mm höher als am Formzacken.

Die Form ist aus Kupfer hergestellt und von kreissegmentartigem Querschnitt. Das Formauge, d. h. die Oeffnung, durch welche der Wind ins Feuer strömt, hat 33 bis 39 mm Breite und 39 mm Höhe. Sie ragt 65 mm ins Feuer, während die Düsenmündung, welche etwa 33 mm Durchmesser hat, 91 mm dagegen zurückliegt. Die Neigung wird so gewählt, dass der Windstrom auf die Mitte der gegenüberliegenden unteren Feuerkante trifft.

Arbeit. Das graue Roheisen [1]) wird in Form von Bruchstücken der Gänze auf eiserne Walzen gelegt, welche auf dem Vorherde ruhen. Dann wird der Herd zurecht gemacht. Hierbei wird zuvörderst der Boden, wenn er von der vorigen Charge zu heiss geworden, durch Eingiessen von Wasser in den Tümpel abgekühlt, die im Feuer zurückgebliebene Garschlacke herausgenommen oder zu einem kleinen Haufen in der Mitte des Bodens vereinigt, sodann angefeuchtete Holzkohlenlösche an die Kanten und Ecken des Feuers geworfen, so dass nur ein halbkugelförmiger Raum frei bleibt. Dieser wird mit Holzkohle gefüllt, das Roheisen soweit vorgeschoben, dass es etwa 0·23 bis 0·31 m von dem Formauge entfernt bleibt, und dann noch mit Holzkohle stark bedeckt. Der sich allmälig bis zu 150° anwärmende Wind wird angelassen und nun, während im Uebrigen die Zeit und die Abhitze zum Ausschmieden der Schirbel des vorigen Deuls benutzt wird, nur auf das Abschmelzen des Roheisens durch Vorschieben desselben gesehen und endlich die sich am Boden sammelnde Feinschlacke von Zeit zu Zeit (4 bis 6 mal) abgestochen.

Ist hinreichend viel Roheisen (250 bis 300 Kg) abgeschmolzen, so wird die Kohle aus dem Feuer geräumt und die eingeschmolzene Eisenmasse entblösst. Die auf derselben noch befindliche Rohschlacke erstarrt sobald das Gebläse eingestellt wird, und lässt sich abheben.

Jetzt folgt die Arbeit des Rohaufbrechens (Durchbrechens). Zuvörderst wird das zu oberst in Form eines Kranzes befindliche, bereit

[1]) In Malapane eine Mischung von schottischem Steinkohlen- und schlesischem Holzkohlenroheisen.

mehr stahlähnliche Eisen abgebrochen, und in mehrere Stücke zertheilt, dann wird der Hauptklumpen als ein Stück ebenfalls auf die Gicht des Herdes gehoben, der Herd wieder gereinigt und von Neuem mit Kohle gefüllt. Die Hauptluppe kommt nun direct auf die Kohlen zu liegen und zwar so, dass die früher der Form zugekehrte Seite jetzt zur Gicht gewendet bleibt. Die gareren Brocken kommen vorläufig oben auf das Stück, werden aber im Verlauf der Arbeit da untergestopft, wo die Luppe zu schnell niedergeht. Nun wird das Gebläse mit kaltem Winde angelassen, zuerst schwach, allmälig stärker. Erscheint das anfangs hell leuchtende Formauge dunkelroth oder gar schwarz, so wird brennende Kohle unter die Luppe gestossen und frische auf das Feuer geworfen, wie überhaupt darauf gesehen werden muss, dass der Wind sich im ganzen Feuer gleichmässig vertheilt, besonders sich nicht einzelne Gänge frisst und an der Gicht ausbricht. Das beginnende zweite Schmelzen, das Rohfrischen, giebt sich durch die ausgeworfenen Schlackenfunken kund, nach deren Farbe und Helligkeit man den Gang beurtheilt. Während dieses Schmelzens ist die richtige Windvertheilung und die Verhinderung eines zu schnellen Niedergehens des Eisens die Hauptarbeit des Frischers. Hat sich der grösste Theil ($^2/_3$ bis $^5/_6$ der ganzen Masse) als Stahl zu Boden gesetzt, so schiebt man den Rest etwas von der Form zurück, so dass der Wind zum Theil hier einen Ausweg findet und man dies durch die vorher aufgelegten garen Brocken im Ganzen garere Stück an das am Boden befindliche Eisen anschweissen kann.

Nun folgt die Arbeit des Garaufbrechens, d. h. der Deul wird mit Brechstangen wieder in die Höhe gehoben. Während er schwebend über dem Feuer gehalten wird, unterliegt das letztere einer sorgfältigen Reinigung (Herausschieben), wobei häufig am Boden festsitzende rohere Stücke losgebrochen und auf die Gicht gehoben werden müssen. Hierauf wird der Herd wieder mit Kohlen gefüllt, der Deul wird auf die letzteren gelegt und zwar mit der rohesten Seite zur Form gekehrt. Das Gebläse arbeitet hierbei beständig, wenn auch schwach fort, um jede Abkühlung zu vermeiden. Das Garfrischen beginnt. Hammerschlag und Garschlacke von der letzten Arbeit werden auf das Feuer gebracht, angewärmt und mit dem Stahlklumpen zum Schmelzen geführt. Man hindert den Austritt des Windes an drei Seiten des Deuls und gestattet ihm nur freie Bahn zur Gicht, ohne aber ein Aushöhlen (Gassebilden) des Deuls selbst zu erlauben, welches, wenn es doch eintritt, ein Wenden des Deuls erforderlich macht. Der Wind wird allmälig bis zum Maximum verstärkt. Sobald sich das Eisen am Boden zu setzen beginnt, prüft man es mit der Brechstange. Ist es noch zu roh, was meistentheils der Fall, so hebt man es wieder empor, ohne die Lage des oberen Stücks zu verändern, und schweisst es an dasselbe an. Man nennt diese Operation hin und wieder fälschlicherweise auch Durchbrechen.

Beim endlichen Niedergange muss das Eisen ganz gar sein. Den Gang beurtheilt man im Uebrigen nach den aus dem Feuer geworfenen

weissen Sternchen von Garschlacke. Die zuletzt genannte Arbeit (Durchbrechen) hat den Vortheil, die Garschlacke auf den Boden zu ziehen, so dass durch sie die Entkohlung des Eisens vollendet werden kann. Bevor sich das Eisen am Boden anlegt, wird wieder erhitzter Wind gegeben. Sobald sich gares Eisen auf dem Boden zeigt, wird das wesentlichste Augenmerk darauf gerichtet, ein Anschweissen des oberen Stücks daran zu verhindern und einen hinreichenden Raum zwischen beiden zu bewahren, in welchem der sogenannte Anlauf genommen werden kann. Man steckt zu diesem Zwecke angewärmte Eisenstäbe in das Feuer. An diese setzt sich das niedergehende Eisen, ehe es zu Boden kommt, an. Man sammelt so durch mehrmaliges Einführen je 5 bis 9 Kg und schmiedet dieselben sogleich unter dem Hammer aus. Es gelingt auf diese Weise zuweilen an 80 Proc. des Eisens während dieser Periode zu gewinnen. Der Regel nach lässt man es bei 30 bis 40 Proc. bewenden.

Die nach dem Niedergange alles Eisens etwa noch übrig bleibenden Brocken (Juden oder Hündinnen) werden unter Zusatz von Hammerschlag völlig gegart, und an den Deul angeschweisst. Dieser wird sodann mit der Brechstange von allen Ansätzen gereinigt und endlich aus dem Feuer gehoben, mit Holzhämmern von anhängender Schlacke möglichst befreit und zum Hammer geschleift, um gezängt zu werden.

Im Allgemeinen wird bei dem normalen Gange der Dreimalschmelzerei ein Einsatz von 300 Kg Roheisen gegeben. Auf 100 Kg (ausgeschmiedetes) Schmiedeisen werden dabei 1 bis 1·5 cbm Holzkohle verbraucht. Das Ausbringen beträgt 72 bis 75 Proc. und steigt selten auf 80 bis 85 Proc. Die Zeit zum Verfrischen beträgt 4 bis 6 Stunden.

Die Anwendung des heissen Windes hat sich als sehr vortheilhaft beim Einschmelzen und Garfrischen, nicht so beim Rohfrischen gezeigt. Der Unterschied geht deutlich aus folgenden von Karsten[1]) angegebenen Zahlen hervor.

Nach einem vierjährigen Zeitraume wurden auf den Malapaner Frischfeuern

aus 100 Kg Roheisen dargestellt:
bei kaltem Winde 74·77 Kg Stabeisen,
bei heissem Winde 78·14 „ „

zu 100 Kg Schmiedeisen wurden verwendet:
bei kaltem Winde 1·11 cbm Holzkohlen,
bei heissem Winde 1·03 „ „

Rohgang und Gargang.

Wie aus dem Vorhergehenden ersichtlich, bezeichnet man zu jedem Zeitpunkte der Arbeit das Eisen sowohl, wie den Gang des Feuers als um

[1]) Eisenhüttenkunde IV, S. 115.

so garer, je weiter verhältnissmässig die Entkohlung vorgeschritten ist, als um so roher, je weiter die Entkohlung zurückgeblieben ist. Die Mittel den Rohgang in den Gargang überzuführen sind: Langsames Einschmelzen, wenig und kalter Wind, häufiges Arbeiten im Feuer, Zuführung reichlicher Menge von Hammerschlag und Garschlacke. Das Umgekehrte, wozu noch das Ablassen der sonst bis zum Schluss im Feuer bleibenden Garschlacke gehört, befördert natürlich die Ueberführung eines zu hohen Garganges in einen roheren. Die hierdurch bedingten Abweichungen der Arbeit hängen wesentlich von der Beschaffenheit des Rohmaterials ab, ausserdem aber auch von der Geschicklichkeit des Arbeiters. Je silicium- und grafitärmer das Roheisen ist, um so mehr darf das erste Einschmelzen (die Feinperiode) beschleunigt werden; je besser das Eisen in der ersten Periode gefeint worden war und je phosphorfreier dasselbe ist, um so mehr kann in der zweiten Periode (dem Rohfrischen) auf Gargang gearbeitet werden. Die Phosphorabscheidung in der abzustechenden Rohschlacke gelingt am vollständigsten bei möglichst niedriger Temperatur, also bei Rohgang, in der zweiten oder Rohfrischperiode.

Abweichungen.

Die wesentlichsten localen Abweichungen in der Handhabung der Arbeiten sind (unter Beibehaltung der von Tunner und Karsten gewählten Benennungen [1]) folgende:

1. Norddeutsches Frischen. Der Verlauf ist wie angegeben, aber das Anlaufnehmen fällt fort.

2. Frischschmiede. Beim Durchbrechen (Rohaufbrechen) erfolgt eine Zertheilung des gefeinten Eisens in viele kleine Stücke.

3. Klumpfrischen. Das Rohaufbrechen (Durchbrechen) beschränkt sich auf das Aufheben des völlig unzertheilten Klumpens.

4. Böhmische Anlaufschmiede. Das Roheisen (in normaler Menge) wird in den Herd gesetzt und dort eingeschmolzen.

5. Schwäbische Schmiede. Das Roheisen wird ebenfalls in den Herd gesetzt, aber die Mengen desselben sind geringer als bei dem böhmischen Frischen, nämlich nur 75 bis 100 Kg.

6. Französische Schmiede. Das Roheisen wird wie bei der normalen Arbeit abgeschmolzen, aber die Gare wird durch vieles Arbeiten, namentlich wiederholtes Aufbrechen in der Garfrischperiode vor völligem Niedergange des Eisens beschleunigt.

7. Kolbenschmieden. Die nach einander zur Gare gebrachten Eisenstücke werden einzeln aus dem Feuer genommen und ausgeschmiedet.

8. Judenfrischen (auch fälschlich Anlauffrischen) wird diejenige Modification des normalen Frischens genannt, bei welcher man

[1]) Vergl. Seite 57 und 58.

einzelne Brocken des Deuls an Stangen anschweisst und ausschmiedet, während bei der schlesischen Arbeit der Anlauf im freien Niederschmelzen aufgefangen wird.

9. Halbwallonenfrischen. Der Verlauf des eigentlichen Frischprocesses ist wie bei irgend einer der genannten Methoden, aber die Schirbeln werden nicht beim Einschmelzen in demselben Feuer ausgeheizt, sondern in einem besonderen Feuer (Schweissfeuer) behandelt.

In dieser Beziehung ist das Halbwallonenfrischen ein Uebergang zu der Zweimalschmelzerei, welche sich immer besonderer Schweiss- oder Ausheizfeuer bedient.

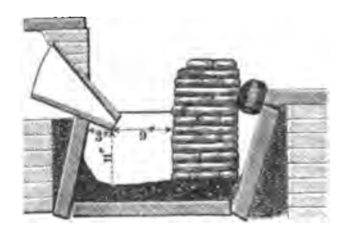
Von diesen Methoden soll nur die böhmische und französische näher beschrieben werden, als solche, die noch gegenwärtig in einigermaassen ausgedehnterer Anwendung stehen. Endlich ist noch

10. Das Rohnitzer Frischen als ein mit Mischarbeit verbundener Process zu erwähnen, der wie die Halbwallonenschmiede, wenn auch in anderer Weise, den Uebergang zu den Zweimalschmelzereien vermittelt.

Böhmisches Frischen.

Die böhmische Frischmethode oder Anlaufschmiede wird in der Weise [1]) geschildert werden, wie sie sich zu Hořowitz in Böhmen entwickelt hat. Es wird dort halbirtes bis graues Roheisen verarbeitet.

Fig. 14.



Verticalschnitt.

Der Herd. Der mit eisernen Zacken ausgesetzte Herd hat die in Fig. 14 veranschaulichte Form.

Die Herdtiefe unter der Form beträgt 0·26 bis 0·29 m, vom Rande des Hinterzackens gemessen 0·32 bis 0·34 m, von dem der Arbeitsplatte 0·38 m. Die Formmündung ist halbrund oder rechteckig, 39 mm breit, 22 bis 26 mm hoch, 92 mm ins Feuer vorstehend. Die Düse hat 22 bis 26 mm im Durchmesser. Die Neigung der Form beträgt 10°. Der Schlacken-(Vorder-)Zacken ist durch Mauerwerk, mit einer Oeffnung zum Abstechen der Schlacke, vertreten, wie dies der Grundriss Fig. 15 zeigt.

Die Arbeit. Der Herd wird zuvörderst am Boden und an den Kanten mit Kohlenlösche ausgefüttert; darauf kommt ein an der Windseite stärkeres Bett von Garschlacken. Durch dieses Bett unterscheidet sich der Process von dem schlesischen. Das Roheisen (im Ganzen

[1]) Nach Tunner, op. cit. S. 191.

125 bis 130 Kg) wird in der Art, wie dies die beiden Figuren 14 u. 15 zeigen, zu einem regelmässigen Stosse aufgeschichtet. Darin beruht ein zweiter und zwar der wesentlichste Unterschied von dem schlesischen Processe. Der Raum zwischen dem Roheisenstosse und der Windseite wird nur mit einigen Stücken Schwal (Hammerschlacke) ausgefüllt, der übrige Raum dagegen mit Kohlen. Darauf wird der Wind angelassen. Zuweilen werden auch zwei Stösse Roheisen aufgeschichtet, wie dies in Fig. 16 dargestellt ist, worin gleichzeitig der vor der Form liegende Kolben zeigt, wie der frei bleibende Raum zum Ausheizen des von der vorigen Hitze herrührenden Eisens während des Einschmelzens benutzt wird.

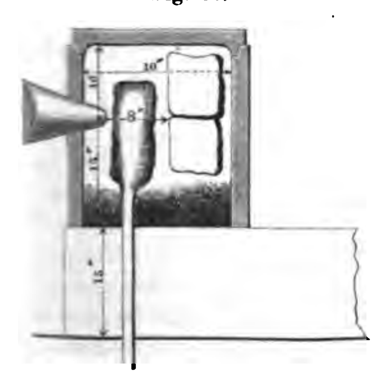
Fig. 15.



Grundriss.

Der Roheisenstoss wird nun allmälig der Form genähert und schmilzt zuerst am unteren Theile, wo er von den bald zu einem Bade eingeschmolzenen flüssigen Schlacken berührt wird. So nimmt dieser Roheisenstoss, welcher von Zeit zu Zeit mit der Brechstange gelüftet wird, immer mehr an Höhe ab. Man richtet sich mit der Zeitdauer des Schmelzens hauptsächlich nach dem Ausheizen, welches $^5/_4$ bis $2^1/_2$ Stunden dauert, und vollendet es darnach in $^1/_2$ bis 1 Stunde bei einem Verbrauch von 0·38 bis 0·50 cbm Holzkohlen.

Fig. 16.



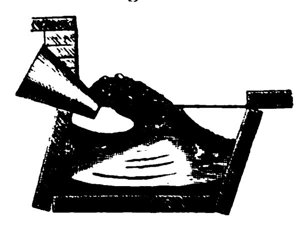
Obere Ansicht.

Nach beendetem Einschmelzen wird die Windpressung sehr hinabgedrückt. Rohschlacke wird abgelassen, wenn davon zuviel vorhanden sein sollte; der grösste Theil bleibt immerhin zurück. Die Kohlen werden zur Form gescharrt, so dass das Feuer etwa die Erscheinung der Fig. 17 (a. f. S.) darbietet. Hierbei erstarrt das an der Form bereits garer gewordene Eisen. Diese halberstarrten Massen werden zum Theil fortgekratzt und durch Kohlen ersetzt. Hierauf lässt man die Rohschlacke aussaigern und ablaufen, was auf folgende Weise ausgeführt wird: Die Lösche an der Vorderseite des Herdes wird ausgegraben, die alte Schirbel oder ein ähnliches Eisenstück als Stütze für den ge-tteten Eisenklumpen eingelegt und nun mit einer kleinen Brechstange

die dahinter liegende erstarrte Kruste des Eisens durchbohrt, worauf die noch flüssige Schlacke ausfliesst. Man wiederholt diese Operation, bei jedem Male etwas tiefer gehend.

Gleichzeitig hiermit werden vor der Form die halbgaren Eisentheile wie beim Beginn der Arbeit aufgebrochen, und Kohlen in die gebildete Grube gefüllt, wodurch sich die Massen über der Form mehren und das Feuer die Gestalt der Fig. 18 annimmt. Das am Boden befindliche Eisen wird gelüftet, um es vor dem Anbacken zu schützen.

Fig. 17.



Böhmisches Feuer. Rohfrischen.

Nach $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden ist das Aussaigern der Schlacke vollendet, das Stützeisen wird fortgeschafft und an seine Stelle Lösche geworfen. Das Eisen am Boden wird an der Formseite emporgehoben, an der Windseite aber nur gelüftet, da es dort noch beinahe völlig roh ist.

Die ganze Periode, welche dem Rohfrischen entspricht dauert $^3/_4$ bis $^5/_4$ Stunden und wird bei einem Verbrauche von nur 0·095 cbm Kohlen ausgeführt.

Jetzt wird das Anlaufnehmen vorbereitet. Die garste Eisenpartie unter der Form wird aufgebrochen und unter dieselbe der vorgewärmte Anlaufstab gebracht. Das daran haften bleibende Eisen nennt man reinen Anlauf, wogegen gare Eisenbrocken, welche ebenfalls an den Stab angeschweisst werden, Juden oder gezwungener Anlauf genannt werden [1]).

Fig. 18.



Böhmisches Feuer. Saigern.

Gleichzeitig mit der so von statten gehenden Entfernung des garen Eisens aus dem Feuer werden die roheren Theile von der Windseite herangeholt und so lange vor der Form behandelt, bis sie wieder als gare Brocken, also als gezwungener Anlauf an einen Anlaufstab angeschweisst werden können. So fährt man fort, bis etwa $^3/_4$ des ganzen Eisens aus dem Feuer sind, was in etwa 2 bis $2^3/_4$ Stunden, bei einem Verbrauch von 0·316 cbm Kohlen, geschieht.

Nunmehr wird in etwa $^1/_4$ Stunde der Rest des Eisens vor dem Winde niedergeschmolzen. Der daraus erhaltene Klumpen ist indessen selten ganz gar, muss vielmehr nochmals aufgebrochen und unter Zusatz von Hammerschlag oder Garschlacke von Neuem niedergeschmolzen

---

1) Hier geht das Frischen in das oben erwähnte Judenfrischen, je nach der Ungeschicklichkeit des Arbeiters, mehr oder weniger über.

werden. Die Dauer dieser letzten Operation beträgt 1/2 bis 1 Stunde, der Kohlenaufwand 0·095 cbm.

Resultate. Die Gesammtdauer des Processes beträgt im Ganzen 51/4 bis 81/4 Stunden und der Kohlenaufwand 0·885 bis 1·011 cbm.

Die kleineren Zahlen gelten namentlich für halbirtes Roheisen und Erzeugung gröberen Stabeisens, unter Anwendung geschlossener Herde und erhitzten Windes [1]). Der Eisenabbrand, der anderenfalls 23 bis 25 Procent beträgt, vermindert sich dann auch auf 19 bis 21 Proc. Wöchentlich werden auf einem Frischherde bei 6 bis 7 Arbeitern 35 Centner an feinem, 50 Centner an gröberem Stabeisen erzeugt.

Die französische Arbeit.
(*Franche Comté* oder hochburgundische Frischmethode, *Méthode Comtoise.*)

Diese nach der altfranzösischen Grafschaft, welche die Departements Doubs, Haute Saône und Jura umfasste, genannte Methode hat sich von dort besonders nach Deutschland und Schweden verpflanzt und ist noch gegenwärtig derjenige Holzkohlenfrischprocess, welcher in Frankreich hauptsächlich angewendet wird. Er ist ausführlich von Thirria beschrieben worden [2]), und dieser Beschreibung ist das Nachfolgende entnommen.

Der Herd. Der Herd ist aus fünf eisernen Zacken gebildet [3]). — Unter der Bodenplatte ist ein kleiner Tümpel angelegt, der sich von aussen mit Wasser füllen lässt. Hinter- und Vorderzacken stehen vertical, der Formzacken ist in das Feuer, der Gichtzacken aus demselben geneigt. Der Bodenzacken hat einen geringen Fall sowohl zum Formals zum Vorderzacken. Man wendet bei älteren Feuern nur eine, bei neueren zwei Formen an. Dieselben sind entweder ungekühlt und dann aus Kupfer, oder mit Wasser gekühlt und dann aus Gusseisen; letzteres, wenn ein über 200° heisser Wind benutzt wird. Das Formauge ist halbovalförmig 27 mm hoch, 24 mm breit bei zwei, 40 mm hoch, 27 mm breit bei einer Form. Auch sind mit Vortheil ganz flache Formen, 40 mm breit, nur 10 mm hoch, angewendet worden. Der Wind wird (gleichgültig ob eine oder zwei Formen benutzt werden) durch zwei Düsen von 24 bis 26 mm Durchmesser ausgeblasen.

[1]) Verhältnisse, wie sie Tunner z. B. für die Hütte zu Reutenhau beschreibt. — [2]) Mémoire sur les perfectionnements et modifications des procédés employés pour la fabrication du fer obtenu par l'affinage des fontes dans les foyers d'affinerie. Par M. E. Thirria, Ingénieur en chef des Mines. Ann. des Mines, 1840, III, sér. 18, p. 215 sq. — [3]) Die französischen Bezeichnungen sind folgende: Formzacken *varme*, Gichtzacken oder Windzacken *contrevent*, Hinterzacken *haire*, Vorderzacken *chio*.

Die Herde, welche früher offen waren, sind jetzt häufig in ähnlicher Weise mit einem Gewölbe überdeckt, wie dies weiter unten bei Herden der Zweimalschmelzerei genauer beschrieben werden soll. Die Flamme wird dann meist durch einen Fuchs in einen seitlich liegenden Ofen geführt, wo die Abhitze anderweitig Benutzung findet.

Arbeit. Als Material wird der Regel nach grobkörniges, dunkelgraues (schwarzes) Roheisen benutzt, ausnahmsweise halbirtes oder gar weisses [1]).

Die Vorbereitung des Herdes, das Auflegen und Vorschieben des Roheisens geschieht ganz wie bei der schlesischen Methode; ein Unterschied beruht allein darin, dass Garschlacke und Hammerschlag sofort auf das Roheisen gelegt werden, welche schnell niederschmelzend, ähnlich wie bei der böhmischen Arbeit, ein flüssiges Bett für das niedergehende Eisen bilden. Die Schirbeln des vorigen Deuls werden während des Einschmelzens ausgeheizt und ausgeschmiedet [2]).

Ist das Einschmelzen von 65 bis 70 Kg Roheisen vollendet, während welcher Zeit Rohschlacke mehrmals abgestochen wurde, so wird der Herd an den Wänden von den Schlackenansätzen gereinigt. Die letzteren werden auf die Arbeitsplatte gezogen und dort von anhängenden Eisentheilchen befreit, welche ins Feuer zurückgehen. Diese Arbeit (*désornage*) nimmt kaum 5 Minuten in Anspruch. Hierauf wird das niedergegangene Eisen in einem Stücke aufgebrochen. Ist das nun beginnende Rohfrischen vollendet, so wird das Eisen untersucht und nur dasjenige, welches roh ist, nochmals aufgebrochen. Man erkennt die Beschaffenheit des Eisens an dem stärkeren oder schwächeren Anhaften an einer eingeführten Brechstange. Die schwach anhängenden Theile sind zu roh und müssen nochmals vor dem Windstrome niedergehen, um hinreichend entkohlt zu werden. Das Garen wird durch Zuschlag von Hammerschlag und Garschlacke befördert und ebenso durch die Spiessvögel, d. h. die Eisenansätze, welche sich an der Brechstange bilden und abgeschlagen ein sehr schnell garendes Material abgeben. Dieses wiederholte Heraufbringen des Eisens in einzelnen Partien bis zur vollständigen Gare bietet den Hauptunterschied dieser, im Uebrigen der schlesischen Frischerei sehr ähnlichen Methode. Dieselbe eigenthümliche Art der Arbeit wird zuweilen schon während des Rohfrischens angewendet. Der Frischer fährt dann schnell hinter einander in das niederge-

---

[1]) Das in der *Franche Comté* verwendete Roheisen ist aus Bohnerzen, die in oder auf der Tertiärformation vorkommen und 33 bis 36 Proc. Eisen geben, gewonnen. — [2]) Die Ordnung, in welcher dies geschieht, die Lage, welche jeder Schirbel bekommt, wird von den meisten Schriftstellern äusserst ausführlich beschrieben, kann aber ganz allgemein unter der Regel zusammengefasst werden, dass das Feuer stets möglichst benutzt wird und dass diejenigen Stücke, welche am wenigsten gar geworden waren, am längsten im Feuer bleiben und der höchsten Temperatur ausgesetzt werden müssen, um gutes Eisen zu geben.

gangene Eisen und bringt es in der Form von Spiessvögeln wieder heraus, die dann, oben auf das Feuer gelegt, das Garen wesentlich befördern.

Die nach der Vollendung des Garfrischens fertige Luppe wird nach Möglichkeit zusammengestossen, von Schlackenansätzen gereinigt, mit einer Schaufel voll Hammerschlag überstreut, aus dem Feuer genommen und gezängt.

Thirria giebt folgenden Zeitaufwand an:

			Minuten.
Einschmelzen (Feinen) und Ausschmieden der Schirbeln des vorigen Deuls	Vorarbeiten	10	85
	Ausschmieden und Einschmelzen	75	
Roh- und Garfrischen (*Travail, work*)	Herdreinigung (*Désornage*)	5	30
	Frischen	25	
Deulmachen (*Avalage, balling*)			20
		Zusammen	135

Ausbringen. Der also in $2^1/_4$ Stunden erzeugte Deul giebt beim Zängen 80 bis 85, beim Ausschmieden 65 bis 70 Kg Stabeisen, so dass ein Abgang von 15 bis 18 Proc. je nach der Art des Eisens beim Ausschmieden stattfindet. An Roheisen werden 92 bis 96 Kg für jeden Deul, d. h. auf 100 Kg Stabeisen 133 bis 137 Kg Roheisen, verbraucht. Der Verbrauch an Holzkohle schwankt nach der Beschaffenheit derselben und wächst bei weichen Sorten um 15 bis 20 Proc. gegen härtere. In bedeckten Herden verbraucht man auf jeden Deul 0·85 cbm oder pr. 1000 Kg Stabeisen verschiedener Dimensionen 7 cbm. Hiervon kommen $^3/_4$ auf das Schmelzen und Ausheizen, $^1/_4$ nur auf die eigentliche Frischarbeit [1]).

Nach Grill [2]) ist die *Franche-Comté*-Methode die ökonomischeste von allen Dreimalschmelzereien und hat daher die gewöhnliche deutsche (schlesische) Arbeit auch überall in Schweden verdrängt.

In Schweden werden (nach demselben) bei einem Frischfeuer und einem Hammer wöchentlich erzeugt 3·7 Tonnen [3]) fertiges Stabeisen, oder 85 Proc. des verarbeiteten Roheisens. Auf 1 Tonne Stabeisen werden 1·5 Tonnen Holzkohlen oder 12·03 cbm verbraucht.

Ein solches Frischfeuer erfordert (nach Thirria) 6 Arbeiter in zwei abwechselnden Schichten von je 8 Stunden, in welcher Zeit 4 Deule erzeugt werden.

Modificationen des Processes treten ein, wenn das Roheisen dunkelgrau, d. h. stark grafitisch ist: Es wird dann die Form stärker geneigt (7 bis 8°) und mehr ins Feuer vorgeschoben; man lässt die

---

[1]) Nach Richard (Etudes sur l'Art d'extraire le Fer etc., p. 5) wiegt 1 cbm Holzkohle 222 Kg. — [2]) Percy, Iron, p. 607. — [3]) Es möge hier der Leser daran erinnert werden, dass, wenn nicht ausdrücklich das Gegentheil gesagt ist, unter der Tonne stets die deutsche Tonne von 1000 Kg oder 20 Ctnr. verstanden ist.

Windströme durch Aenderung der Axenrichtung der einen (hinteren) Form mehr divergiren, vermehrt die Tiefe des Feuers von 0·20 auf 0·23 m; es wird mehr Garschlacke zugesetzt und noch mehr im Feuer gearbeitet, kurzum man befördert auf alle Weise das Garen. Bei der Behandlung von weissem oder halbirtem Roheisen verfährt man umgekehrt, die Neigung der Form wird auf 3 bis 4⁰ reducirt, das Maul derselben bis auf 5 cm zurückgezogen, die Feuertiefe auf 0·17 m verringert; es wird weniger Garschlacke zugefügt und weniger im Feuer gearbeitet, kurz auf Rohgang hingewirkt, da ohnedies das Garen schnell genug erfolgt.

Noch giebt Thirria Modificationen in der Arbeit an, welche er als besondere Methoden: Champagner Methode und Burgunder Methode, aufführt, aber wesentlich sind die Unterschiede nicht, da sie nur auf einige Verschiedenheiten im Aufbrechen und in der Menge des Garschlackenzusatzes hinauslaufen, welcher letztere bei der Burgunder Methode ganz fortfällt. Die letztere wird als die billigste bezeichnet.

Die Rohnitzer Arbeit[1].

Die nach dem Orte Rohnitz in Ungarn benannte Arbeit bedient sich eines mit zwei gegenüberliegenden Formen versehenen Feuers. Demgemäss wird auch das Roheisen (300 Kg) in der Mitte des Feuers aufgegeben. Nach vollbrachtem Einschmelzen werden in das flüssige Eisen gare Zuschläge (10 bis 15 Kg) mit hölzernen Stangen eingerührt und damit zugleich eine Granulation des Eisens herbeigeführt[2].

Das erhaltene Gemisch wird in einen Haufen auf der Mitte der Bodenplatte zusammengescharrt; dann wird der Herd wieder mit Kohle gefüllt und sogenannter gezwungener Anlauf[3]) genommen, d. h. die vor den Formen gar gemachten Brocken werden an Brechstangen angeschweisst und ausgeschmiedet. In 6 bis $6^1/_2$ Stunden ist der Process mit der Bildung eines kleinen Deuls aus dem zurückbleibenden Eisen abgeschlossen. Bei nur $12^1/_2$ Proc. Abgang verbraucht man auf 100 Kg Stabeisen 1·39 bis 1·82 cbm Holzkohle.

b. Wallonfrischen oder Zweimalschmelzerei.

Die Frischmethoden, welche der Zweimalschmelzerei angehören, sind gegenwärtig noch die verbreitetsten und wichtigsten für holzkohlenreiche Länder.

Bei der Zweimalschmelzerei fällt die Feinperiode aus oder wird

---

[1]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 212. — [2]) Vergl. S. 23 und 44. — [3]) Vergl S. 68.

r gesagt meistentheils auf ein sehr geringes Maass beschränkt, s Material ein entweder durch Vorarbeiten seines Siliciumgehalts ntheils beraubtes Roheisen, oder ein an sich siliciumarm im Hoch-blasenes weisses Roheisen verwendet wird.

us diesem Grunde kann auch die der Feinperiode entsprechende Zeit um Ausheizen der Schirbeln des vorigen Deuls benutzt werden. edarf daher immer besonderer Feuer oder Oefen zum Schweissen usheizen.

as schwerschmelzige Materialeisen bedarf, wenn es nicht etwa be-lssig aus einem Vorbereitungsapparate entnommen wird, durchaus lasen Windes zu einer hinreichend flüssigen Arbeit; Vorglüh-erleichtern den Process wesentlich. Bei dem siliciumarmen Roheisen, ech mehr bei dem siliciumleeren gefeinten Eisen kann nicht, wie bei rarbeitung siliciumreichen grauen Roheisens, die ganze Schlacken-, welche als Lösungsmittel für das sich bildende und entkohlend de Oxydoxydul erforderlich ist, aus dem Materialeisen selbst ge-werden. Es wird daher, abweichend von dem Verfahren in der n Periode der Dreimalschmelzerei, Schlacke (der Regel nach acke und Hammerschlag) hier schon beim Einschmelzen zuge-. Da unter allen Umständen die Feinperiode nur sehr unbe-l ist, so wird sie stets mit dem Rohfrischen in einer Arbeit gt und letzteres durch den wiederholten Zusatz von Hammer-befördert.

e Wallonfrischprocesse sind wohl am vollkommensten in dem lzreichen Schweden ausgebildet und dort am meisten angewen-er derselben ist aber auf einem der wichtigsten Steinkohlen-n der Welt, dem von Südwales, noch heutigen Tages in Ausübung. lzkohlenprocess inmitten des Steinkohlenüberflusses! Der Grund ses auffallende Verhältniss ist in dem Vorzuge zu suchen, welchen utzung der nur gutartige Bestandtheile in der Asche enthalten-lzkohle zur Erzeugung der besten Eisenqualitäten [1]) gewährt.

Südwaleser Frischen.

ie Apparate. Der südwalesische Frischprocess wird auf den werken ausgeführt, welche Weissblech erzeugen. Die nachfolgen-lzstiche zeigen die auf der Morfaweissblechhütte bei Llanelly in ganshire vorhandenen Einrichtungen [2]).

e bestehen aus je einem Feinfeuer (*Refinery*, oder *running-out* und zwei Frischfeuern (*Fineries* oder *hearths*). In dem ersteren s Roheisen bei Koks verarbeitet; das gefeinte Eisen gelangt aus

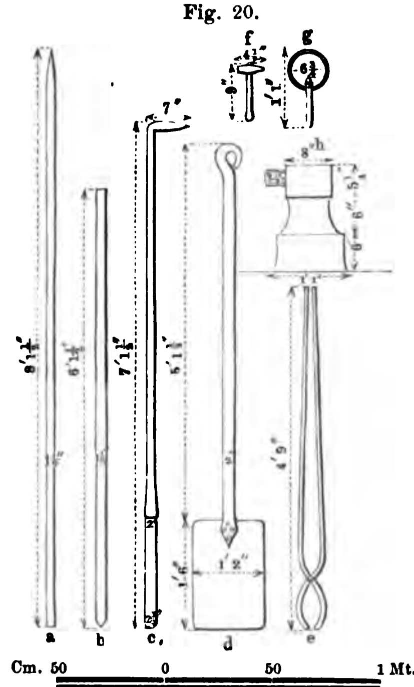
n Südwales braucht man den Process zum Frischen eines Eisens, aus feinsten Weissbleche (*charcoal-tin-plates*) dargestellt werden. — [2]) Nach selben Directors Williams Zeichnungen aus Percy, Iron, 581. — B. 28.

demselben im flüssigen Zustande auf dem mit „Metallausfluss“ bezeichneten Gerinne in die Frischfeuer, wo es bei Holzkohle weiter verfrischt wird.

Der mit No. 1 bezeichnete Theil der Zeichnung bedeutet den Grundriss des Feinfeuers, No. 2 den des einen Frischfeuers, No. 3 den seitlichen Aufriss des Feinfeuers, im unteren Theil als Durchschnitt, No. 4 die Seitenansicht eines Frischfeuers, No. 5 die Vorderansicht des Feinfeuers, No. 6 einen Verticaldurchschnitt des Frischfeuers und No. 7 eine Vorderansicht desselben (beide rechtwinklig zu No. 4 gedacht), Nr. 8 eine Wasserform.

Die Buchstaben haben folgende Bedeutung [1]): *a* Windzweigrohre, *b* Wasserformen, *c* gekühlte Hinterwand, *d* Kühltrog für Gezähe des Feinfeuers, *e* gusseiserne Seitenzacken des Feinfeuers (*sides*), *f* Schlackenzacken (*Front-* oder *cinder-plate*), *g* Wasserspeisekasten für die Formen, *h* Kühltrog für die Gezähe des Frischfeuers, *i* Oeffnung dafür, *k* Hülfswasserreservoir für die Formen, *l* Platte, in welcher die Formen befestigt sind (*Merrit-plate*), *m* Bodenzacken des Frischfeuers, *n* Rück- und Seitenzacken desselben, *o* Schlackenzacken mit Abstichöffnungen, *p* Arbeitsplatte, *q* und *r* Reinigungsöffnungen (No. 4, 6 und 7), welche während der Arbeit lose mit Ziegeln ausgesetzt sind, *s* Wasserformen (*watertwyers*) des Frischfeuers, *t* Düse (*blast pipe*), *u* Tümpel, *x* Stützknaggen für Brechstangen.

Fig. 20.



Frischgezähe.

Die bei der Arbeit gebrauchten Gezähe sind in Fig. 20 dargestellt: *a* die zugespitzte (*pointed*) Brechstange, *b* eine zugeschärfte (*chisel-edged*) Brechstange, *c* ein Haken, *d* eine Schaufel, *e* eine Zange, *f* ein Hammer, *g* ein Wasserspritzer, *h* ein Ambos.

Arbeit. Percy [2]) beschreibt den Process nach seinem Verlauf in einer einzelnen Charge wie folgt:

Nachdem eine Mischung von südwalesischen und cumberländer Roheisen im Feinfeuer in hinreichender Menge, um die beiden Frischfeuer zu füllen, eingeschmolzen ist, wird das gefeinte Product abgestochen und fliesst in die von der vorigen Arbeit noch heissen und zwar von allen

[1]) Die mit „Platte“ bezeichneten Theile des Feinfeuers dienen zur Auflage der Gezähe. — [2]) Iron, Seite 582.

Ansätzen gereinigten Frischfeuer, während die Feinschlacke so viel wie möglich zurückgehalten und in einer besonderen Grube mit den letzten Roheisenresten gesammelt wird. Die trotzdem mit in die Frischfeuer gelangende Feinschlacke erstarrt schnell und wird abgehoben. Dann wird Holzkohle aufgeschüttet und der Wind angelassen. Inzwischen ist das Eisen erstarrt und wird nun in eine Menge Stücke durchgebrochen, welche auf der Formseite mit Holzkohle gemischt emporgehoben werden [1]. Abfälle des vorigen Deuls werden dazu gegeben.

Nach 43 Minuten vom Einlassen des Feineisens an gerechnet [2]) wird zum ersten Male Schlacke abgestochen und das Eisen mit Brechstangen zusammengedrückt. — Nach 50 Minuten wird zum zweiten Male Schlacke abgestochen und frische Holzkohle aufgegeben. Nach 58 Minuten wird nochmals Schlacke gestochen, da aber nur noch wenig erfolgt, so wird nach 60 Minuten der Wind abgeschwächt. Nach 67 Minuten erfolgt wieder Schlacke. Die lose im Herde befindlichen Eisenstücke werden an den bereits gebildeten Deul angeschweisst. Nach 72 Minuten wird der Wind noch weiter abgeschwächt und nach 73 Minuten der fertige Deul herausgehoben. Die Garschlacke wird als Zuschlag für den folgenden Process aufbewahrt.

Derselbe Autor beschreibt noch den Process, wie er in der Weissblechhütte zu Pont-y-Mister bei Abercarn in Montmouthshire ausgeführt wird: Hier wurde das gefeinte Eisen, welches sich beständig in Aufwallung befand, zuvörderst von den mitgeflossenen und danach erstarrten Schlacken befreit, dann der Wind voll angelassen, das Eisen durchgebrochen, mit Holzkohle gemischt über die Form gebracht und vor derselben gar gemacht. Man bezeichnet das Niedergehen des Eisens mit dem Ausdruck: *Sinklng*. Nach zweimaligem Schlackenabstich war der Deul in 62 Minuten vollendet und wurde aus dem Feuer genommen.

Die Garschlacke wird nicht abgestochen, sondern durch Erstarrenlassen an einer Brechstange, in Form einer hohlen Walze, eines „Schlackenvogels“ (*fox-tail*), oben aus dem Feuer gehoben, nachdem der Deul entfernt ist.

Ausbringen. In Pont-y-Mister werden 250 bis 300 Kg Roheisen, in Pont-y-Pool 200 bis 250 Kg für je zwei Frischfeuer, eingeschmolzen. Dem Verfasser wurde ebendaselbst (1860 und 1862) angegeben, dass man in 12 Stunden 9 bis 10 Deule mache, einen Abgang von 17·7 Proc. und einen Verbrauch von 2·55 cbm Holzkohle und 500 Kg Koks auf 100 Kg Stabeisen habe.

Die Deule werden gezängt und die Schirbeln in besonderen mit Koks geheizten Schweissherden (*hollow-fires*) erhitzt; beide Operationen

---

[1]) Das Eisen befindet sich in beinahe granulirtem Zustande und gewöhnlich innig gemischt mit den Garschlacken, die nachdem sie von den Herdwänden abgestossen waren, im Herde zurückgeblieben sind. — [2]) Die im Folgenden angegebenen Zeiten beziehen sich stets auf diesen Zeitpunkt.

werden später unter den Capiteln des **Zängens** und **Schweissens** erörtert werden.

Der Process ist nach E. **Rogers** in Südwales sehr alt, jedenfalls schon seit 1721 eingeführt. Bis 1807 wurde er indessen nur mit geringen Mengen Material (etwa 75 Kg pr. Frischfeuer) gehandhabt, auch fand das Ausheizen der Schirbeln in einem Holzkohlenfeuer (*chafery*) statt; von da an nahm er, vervollkommnet durch **Watkin George** zu Pont-y-Pool, die gegenwärtige Gestalt an.

Percy (1864) giebt die Kosten der Holzkohlen für die Tonne Eisen auf etwa 12 s. pr. Tonne, d. h. circa 12 Sgr. pr. 100 Kg Eisen an.

Lancashire-Frischprocess.

Der sogenannte Lancashire-Process ist die in Schweden fast ausschliesslich benutzte Frischmethode [1]).

Geschichte. Eigenthümlich ist die Geschichte der Einführung des Lancashire-Processes in Schweden. In Folge der dringenden Wünsche Sheffielder Stahlfabrikanten nach einem besseren Eisen, als es die älteren schwedischen Frischmethoden lieferten, beriefen die Fabrikanten C. F. Waern aus Baldersnäs in Schweden und Brändström aus Hull in England südwalesische Arbeiter nach Schweden, welche mit der Darstellung des Weissblecheisens nach der vorher beschriebenen, dort üblichen Methode wohl bekannt waren [2]). Mit ihrer Hülfe wurde zuerst der Process zu Backefors in Schweden eingeführt.

Als er dort günstige Resultate lieferte, wurde von dem schwedischen Eisenkomtor G. Eckmann abgesandt, um ihn zu studiren. Dieser hervorragende Eisenhüttenmann fand sehr bald, dass durch den Process Alles das erreicht würde, was von ihm schon längst als wünschenswerthe Verbesserungen der alten schwedischen Methode bezeichnet war. Er übertrug daher den Process zuvörderst auf seine eigenen Werke in Lesjöfors, ferner auf die Werke zu Lennartsfors und Liljendal, an welchen er betheiligt war; auch fand derselbe Eingang in Christinedahl-Hütte.

Nichtsdestoweniger blieben die genannten Werke 17 Jahre lang die einzigen; dann aber — eine Erscheinung, die sich in der Technik oft wiederholt — verbreitete der Process sich plötzlich auf die meisten Hütten und ist jetzt ganz allgemein eingebürgert.

Auffallend bleibt es, dass dieser aus Südwales nach Schweden übertragene Process den Namen Lancashire-Frischerei erhalten hat, während das was man früher in England Lancashire-Process nannte, eine Art catalonischer Rennarbeit war, welche dort schon im 17. Jahrhundert be-

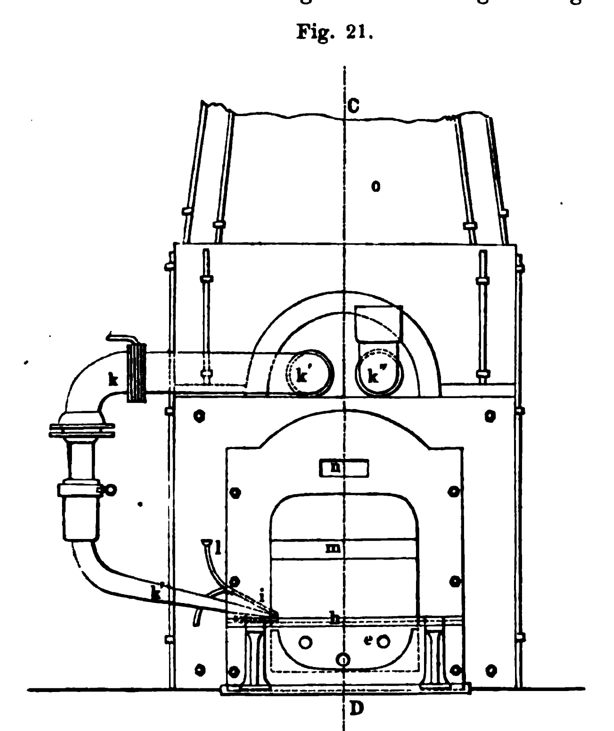
---

1) Neben ihm besteht nur noch der französische Frischprocess (S. 69) und die Dannemora-Frischerei, welche im Folgenden beschrieben werden wird. — 2) Es waren fünf Familien, an ihrer Spitze die Familie Houlder.

stand, wie ein in den Philosophical Transactions von 1693 veröffentlichter und an den Präsidenten der Royal Society, Dr. Martin Lister, gerichteter Brief, d. d. Thurnham, den 25. September 1675, beweist [1]).

Der Herd. Das zu dem Lancashire-Processe benutzte Feuer ist immer bedeckt. Es ist in den Figuren 21 bis Fig. 24 abgebildet.

Fig. 21.



Schwedischer Lancashire-Frischherd. Vorderansicht.

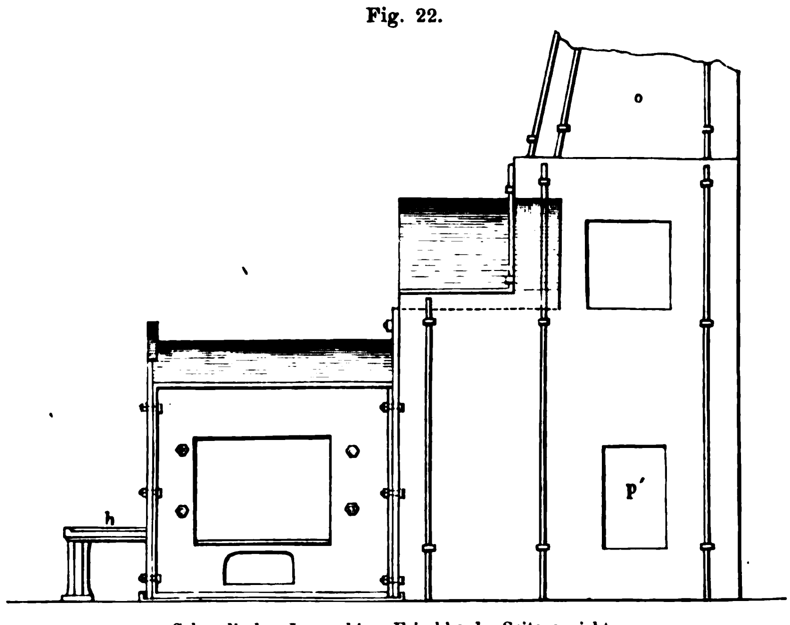
Der Herd [2]) ist aus den gusseisernen Zacken *a, b, c, d* und *e* gebildet. Der Formzacken *b* ist etwas ins Feuer geneigt, der Wind- und Hinterzacken haben eine geringe Neigung aus dem Feuer, der Vorderzacken steht vertical, der Bodenzacken liegt horizontal. Unter dem letzteren ist der Tümpel *f* mit dem Wasserzuflussrohr *f'* und dem nach unten ausmündenden Abflussrohr *f''*, eine Einrichtung, die ein beständiges Fliessen des Wassers und daher eine weit vollkommenere Kühlung gestattet, als die primitive Einrichtung, welche beim deutschen Frischprocesse beschrieben wurde.

---

[1]) Percy, Iron, S. 598 u. Phil. Transact. No. 199. Vol. 17, p. 695. April 1693. — [2]) Nach der Beschreibung von Andreas Grill, Percy, Iron, 591.

Es wird mit heissem Winde gearbeitet, welcher durch die in einer Platte *g* festgelegte Form *i* in das Feuer gelangt. Die Form wird mit

Fig. 22.



Schwedischer Lancashire-Frischherd. Seitenansicht.

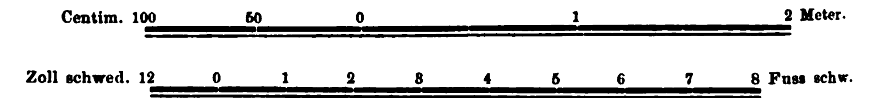
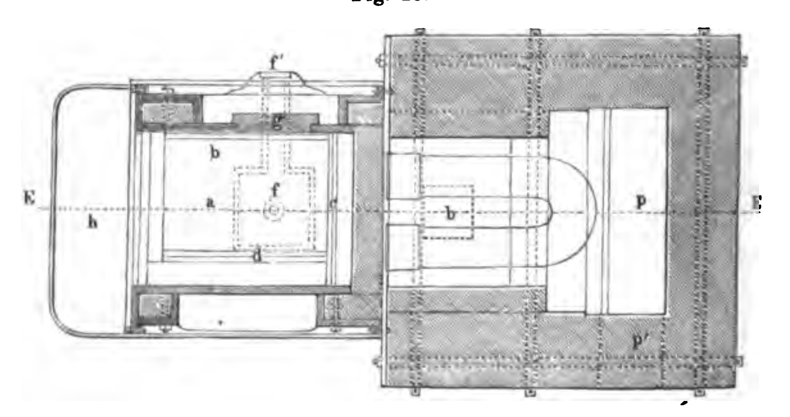


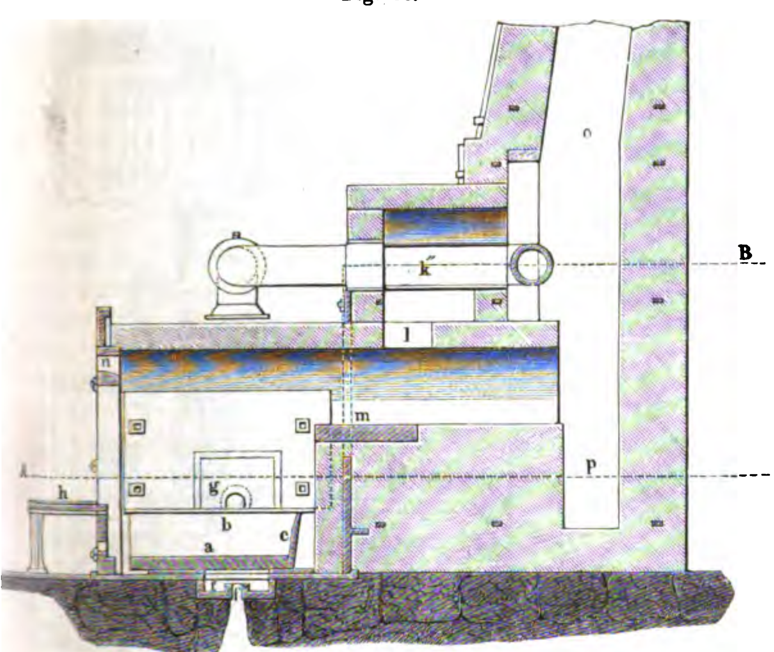
Fig. 23.



Schwedischer Lancashire-Frischherd. Grundriss nach *AB*, Fig. 24.

Wasser gekühlt, hat eine ungefähr halbrunde Oeffnung, eine Neigung von 10 Grad und ragt um 2 cm in das Feuer. Die Arbeitsplatte *h* ist verhältnissmässig breit, da von hier aus das Feuer allein zugänglich ist. Die abgehende Flamme durchstreicht den mit einer eisernen Platte *m* belegten Vorglühherd und gelangt zum Theil direct in die Esse, zum Theil durch den Fuchs *l* in einen Nebenraum, in welchem die Wind-

Fig. 24.



Schwedischer Lancashire-Frischherd. Längenschnitt nach *CD*, Fig. 23.

erhitzungsröhren *k' k''* liegen. Durch die Oeffnung *n* kann man ohne Störung des Feuers mittelst einer Brechstange in den Vorglühherd *m* gelangen, um aus demselben Asche u. s. w. in die untere Verlängerung der Esse *p* zu stossen. Hierhin führt die durch eine eiserne Thür verschlossene Oeffnung *p'*, Fig. 22.

Die Einrichtung einer ganzen Frischhütte ergiebt sich aus Fig. 25 u. f. S.).

A stellt das Frischfeuer dar, *B* den Hammer nebst Zubehör, welcher später ausführlich beschrieben werden soll.

Arbeit. Der Process wird in folgender Weise ausgeführt:

Nachdem der Herd gereinigt und der Boden namentlich an der Vorderseite mit Holzkohlenlösche bedeckt ist, wird das Feuer mit Holzkohle

gefüllt, das vorher im Vorglühherd erhitzte Roheisen (in Gänzen von 5 bis 8 cm Stärke, im Gewichte von circa 100 Kg) über die Form gezogen, mit Holzkohlen bedeckt und darauf der Wind angelassen.

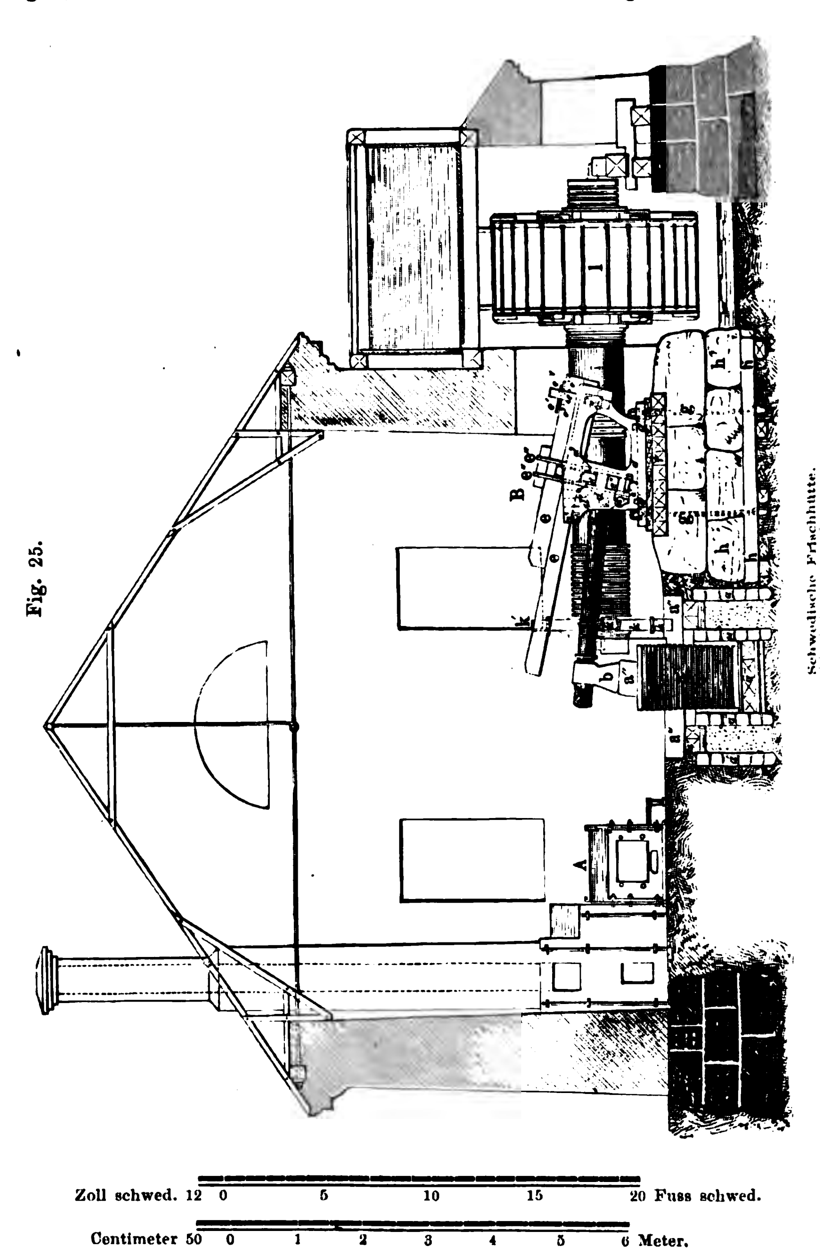


Fig. 25.

Schwedische Frischhütte.

Nach circa $1/_2$ Stunde ist das Eisen ganz niedergeschmolzen und gefeint. Auf dem Boden beginnt aber schon während dieser Periode die entkohlende Einwirkung der sich bildenden Garschlacke auf das Eisen und man erhält ein nicht mehr ganz flüssiges Zwischenproduct. Dasselbe wird nunmehr beständig mit einer Brechstange so lange aufgebrochen und in seinen roheren Theilen vor der Form behandelt, bis (nach abermals etwa $1/_2$ Stunde) alles in eine stahlartige Masse übergegangen ist, welche sodann als ein Klumpen aufgebrochen wird und dem zweiten Niederschmelzen, dem Garfrischen, unterliegt. Diese bei starker Hitze ausgeführte letzte Periode dauert nur noch kurze Zeit, $1/_4$ bis $1/_2$ Stunde. Darnach wird der Deul herausgehoben und gezängt. Der Wind hat gewöhnlich eine Temperatur von 100° C. und eine Pressung von 6 cm Quecksilbersäule.

Der Vortheil der durch das fortwährende Aufbrechen ausgezeichneten Methode wird nach Grill mit Recht darin gefunden, dass bei der beständig gesteigerten Temperatur stets die roheren Theile des Eisens aussaigern und daher der oxydirenden Einwirkung des Windstromes und der am Boden sich sammelnden Garschlacke unterliegen, während die gareren Theile ungeschmolzen (als Dörner) zurückbleiben. So erhält man eine sehr gleichmässig gare, dabei von Schlacken freie Masse, wie sie kaum ein anderer Frischprocess liefert.

Das Schirbeleisen wird zwar zuweilen noch in Holzkohlenherden von ähnlicher Construction wie das Frischfeuer, meist aber in Gasschweissöfen ausgeheizt.

Ausbringen. Die Betriebsverhältnisse stellen sich im grossen Durchschnitt nach Grill in Schweden wie folgt.

1. Ein Frischfeuer liefert wöchentlich an Deuleisen 6·6 Tonnen.
2. Das Ausbringen an Deuleisen beträgt 86·70 Proc. vom Roheisen.
3. Der Holzkohlenverbrauch beträgt auf 1 Tonne Roheisen 0·9 Tonnen dem Gewichte oder 7·217 cbm dem Volumen nach.

Das Deuleisen wird nach drei Methoden in Stabeisen umgewandelt.

Resultate im Einzelnen.

I.

Bei einem Schweissfeuer und einem Hammer:

Wöchentliche Production an Stabeisen	6·6 Tonnen.
Ausbringen an Stabeisen aus Deuleisen	95 Proc.
Holzkohlenverbrauch pr. Tonne Stabeisen:	
Nach dem Gewicht	1 Tonne.
„ „ Volumen	8·405 cbm.

II.

Bei einem Gasschweissofen (mit Holzkohlenfeuerung) und zwei Hämmern:

Wöchentliche Production	22·2 Tonnen.
Ausbringen an Stabeisen aus Deuleisen . .	86 Proc.
Holzkohlenverbrauch auf 1 Tonne Stabeisen:	
Nach dem Gewicht	0·6 Tonnen.
„ „ Volumen	4·811 cbm.

III.

Bei einem Gasschweissofen und einem Walzwerk.

Wöchentliche Production	58 Tonnen.
Ausbringen an Stabeisen aus Deuleisen . . .	92 Proc.
Holzkohlenverbrauch auf 1 Tonne Stabeisen:	
Nach dem Gewicht	0·375 Tonnen.
„ „ Volumen	3·008 cbm.

Nach Grill wird gegenwärtig fast alles schwedische Holzkohlen-Stabeisen nach dieser Methode dargestellt, und nur das Dannemora- oder Oeregrund-Eisen, welches in Sheffield das Material für den Cementstahl bildet, macht eine Ausnahme. Die Sheffielder Stahlfabrikanten haben lange an dem Vorurtheile festgehalten, überhaupt nur gehämmertes, nicht gewalztes Eisen zu nehmen und erst in neuester Zeit ist man einigermaassen davon zurückgekommen.

Die schwedische Zweimalschmelzerei[1].

Die schwedische Zweimalschmelzerei, auch oft einfach Wallonschmiede genannt, ist, wie bereits erwähnt, meist durch den vorher beschriebenen Process verdrängt worden und hat sich mehr aus Vorurtheil als Nothwendigkeit beinahe ausschliesslich nur noch in Dannemora erhalten, weshalb man den Process wohl auch Dannemora-Schmiede nennt. Der Process ist indessen auch kein in Schweden ursprünglich entwickelter, sondern wurde zu Karl's des Zwölften Zeit von de Geer aus Flandern eingeführt.

Die Frischhütte besteht aus einem Frischfeuer, einem Ausheizherde, einem Hammer und einem Gebläse. Das letztere liefert in der Minute circa 9·805 cbm Wind von nicht mehr Pressung als 5 cm Quecksilbersäule.

Der Frischherd ist mit eisernen Zacken ausgesetzt. Der Bodenzacken ruht auf einem 3 bis 8 cm starken Schlackenbett, unter dem sich erst der Tümpel befindet. Das Feuer hat circa 60 cm Weite und 18 bis 20 cm Tiefe unter der Form. Ein Abstich für Schlacke ist nicht vorhanden. Die Form mit halbrunder Mündung ist nur schwach ge-

[1]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 155 und dessen Eisenhüttenwesen in Schweden, S. 68.

zeigt. Der ganze Feuerbau ist auf einen sehr hitzigen Gang eingerichtet, durch welchen sich die Methode besonders vor allen anderen auszeichnet.

Arbeit. Der gereinigte, mit Lösche an den Kanten und an der Vorderwand gefütterte, im Uebrigen mit Holzkohlen gefüllte Herd wird zuvörderst mit einem Schlackenbade (Feuersaft), welches aus Schwal- und Garschlacken gebildet wird, versehen. Das Roheisen, welches weissstrahlig oder stark halbirt ist, wird über den Gichtzacken vorgeschoben. Eigenthümlich für den Process ist, dass hierbei zur Beschleunigung der Gare ein Schirbel von dem vorigen Satze mit einer Zange ziemlich senkrecht am Vorherde in das Feuer gesteckt und von ihm eine nicht unbedeutende Menge Eisen abgeschmolzen wird.

Das Arbeiten mit der Brechstange beginnt, sobald die ersten Partien Roheisen eingeschmolzen sind. Es werden dann alle an der Form- und Gichtseite niedergeschmolzenen Eisentheile in die Mitte des Feuers vor den Wind geschafft. Nach 20 Minuten sind circa 35 Kg Roheisen eingeschmolzen. Es wird nun aufgebrochen. Das Garfrischen erfolgt unter beständigem Zuführen des Eisens vor den Wind in nur 5 Minuten. Während des Rohfrischens bleibt der Schirbel senkrecht im Feuer, wird dann entfernt und kommt nach dem Aufbrechen in horizontaler Lage abermals hinein, um endlich kurz vor dem Ausheben des Deuls gezängt und dann dem Schweissfeuer übergeben zu werden.

Der Process ist in Folge der im Verhältniss zur Grösse des Herdes kleinen Menge Eisen allerdings geeignet zur Darstellung eines reinen Products, aber mehr als die Methode hat wohl die vorzügliche Qualität des angewendeten Roheisens zu dem Rufe des Dannemoraer Eisens beigetragen.

Ausbringen. Nach Grill [1]) sind die Betriebsresultate folgende:

Durchschnittliches wöchentliches Ausbringen von geschmiedetem Stabeisen	6 Tonnen.
Procentales Ausbringen von Stabeisen aus Roheisen	80 Proc.
Holzkohlenverbrauch auf 1 Tonne Stabeisen:	
Nach dem Gewicht	3 Tonnen.
„ „ Volumen	25·272 cbm.

Andere Modificationen.

Eifler Wallonschmiede nennt Tunner [2]) diejenige Zweimalschmelzerei, durch welche früher in der Eifel Drahteisen erzeugt wurde. Zu diesem Process benutzte man das durch Läutern im Hochofen vorbereitete Roheisen. Die Arbeit ist dadurch ausgezeichnet, dass garende Zuschläge nur vor dem Einschmelzen, nicht während desselben zugegeben werden.

[1]) Percy, Iron, p. 601. — [2]) Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 148.

Die steyrische Wallonschmiede[1]) ist nur eine zur Zweimalschmelzerei ausgebildete Modification der im Folgenden erwähnten gleichnamigen Einmalschmelzerei auf Lösch- oder Schwalboden, wobei Frisch- und Ausheizherd getrennt und vor dem Einschmelzen des Roheisens ein Garschlackenboden gebildet wird.

Die bereits Seite 45 in ihrem ersten Theile beschriebene Müglaarbeit[2]) kann mit dem darauf folgenden Frischen ebenfalls zur Zweimalschmelzerei gerechnet werden.

Sie heisst Brockenschmiede, wenn das Eisen in einzelnen Brocken, nicht im ganzen Deule gar gemacht wird. Ebenso kann die Kortitschschmiede (Seite 44[3]) hierher gerechnet werden.

c. Schwalarbeit oder Einmalschmelzerei[4]).

Die Einmalschmelzerei kann sich nur eines weissen reinen, am besten manganreichen Roheisens bedienen, welches durch einmaliges Niedergehen vor dem Windstrome gar wird. Das Garen muss in allen Fällen durch Zuschläge befördert werden. Es wird zu diesem Zwecke ein Boden von sehr garer Schlacke (Schwal, Schwahl oder Schwall) vor dem Eisen eingeschmolzen und hiernach die Arbeit auch als Schwalarbeit bezeichnet. Uebrigens wird ausserdem auch noch beim Einschmelzen Garschlacke zugesetzt.

Die österreichische Schwalarbeit.

Geschichte. Die Schwalarbeit wurde nach Tunner[5]) in Oesterreich zuerst zu Hollenstein von einem Gewerken Namens Dietrich im Anfang dieses Jahrhunderts in Anwendung gebracht und verbreitete sich von dort bald auf die österreichischen und steyrischen Nachbarwerke.

Der Herd. Der mit eisernen Zacken ausgesetzte Frischherd hat im Durchschnitt oben 0·711, unten 0·579 m Länge und 0·474, beziehungsweise 0·342 m Breite. Die Tiefe von Formmündung bis Schwalboden ist 0·211 bis 0·237 m. Das Stechen der Form beträgt 24 bis 26 Grad. Das Formmaul ist halbrund, 0·033 m breit.

---

[1]) Op. cit. Seite 185. Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Begriff, den Tunner mit der Bezeichnung Wallonschmiede verbindet, nicht nothwendig der der Zweimalschmelzerei ist. Vielmehr charakterisirt Tunner den Wallonprocess als ein Zwischenglied zwischen Einmal- und Mehrmalschmelzerei dadurch, dass bei ihm das Ausheizen oder Schweissen gänzlich von dem Frischen selbst getrennt ist, so dass die Wallonschmiede sowohl eine Einmal- als eine Mehrmalschmelzerei sein kann. — [2]) Vergleiche auch Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 153. — [3]) Vom Italienischen: Cotizzo abgeleitet, Kortitsch, Kortisch, Kartitsch, Kartisch, in Steyermark Has oder Hase heisst der durch Mischarbeit gewonnene Klumpen. — [4]) Englisch: Slag-bottom-Process. — [5]) Stabeisen- und Stahlbereitung II, S. 53.

Arbeit. Wichtig ist die Herstellung des Schwalbodens. Der Boden der Herdgrube wird zuvörderst mit zerkleinerter Frischschlacke 0·08 bis 0·13 m stark bedeckt. Hierauf wird ein ordentliches Pflaster aus grossen Schlackenstücken hergestellt, welches oben eine ebene Fläche bildet und 0·13 bis 0·24 m stark ist. Die Zwischenräume werden mit kleinen Stückchen ausgesetzt und schliesslich mit feingepochter Schlacke ausgefüllt. Darauf kommt etwas Hammerschlag. Bei der ersten Arbeit schmilzt das Ganze dicht zusammen und hält dann Monate lang ohne wesentliche Reparaturen. Bei normalem Gange soll sich der Schwalboden von der Oberfläche wieder auf 0·03 bis 0·05 m tief erweichen [1]).

Das geeignetste Roheisen für den Frischprocess ist das grossluckige weisse Roheisen [2]).

Vor dem Einschmelzen desselben wird der mit Schwalboden versehene Herd gereinigt und an den Kanten mit feuchter Kohlenlösche fest ausgesetzt, während die Mitte des Bodens frei bleibt und nur mit den Resten von Garschlacke des vorigen Frischens, Hammerschlag u. s. w. bedeckt wird; hierauf wird der freie Raum mit Holzkohle beschickt und das Gebläse angelassen. Zuvörderst wird nur allein mit dem Ausheizen der Schirbeln des vorigen Deuls vorgegangen und während dieser Zeit auf dem Schwalboden der sogenannte Schweissboden aus den zurückgebliebenen eisenreichen Ansätzen, den beim Ausheizen zugeführten Zuschlägen von Garschlacke und den abschmelzenden Theilen der Schirbeln gebildet. Dieser Boden besteht zu unterst aus ziemlich gefrischtem Eisen, welches mit Schlacke untermengt ist. Die letztere, als die leichtflüssigere, zuerst schmelzende Substanz, bildet der Regel nach die unterste Partie des Schweissbodens ausschliesslich. Ist der Schweissboden (nach ³/₄ Stunden) hinreichend stark und gross geworden, so wird er Zerrenn- oder Frischboden genannt und dient nun als Unterlage für den eigentlichen Frischprocess, welcher durch hinreichendes Vorschieben des Roheisens gegen die Form eingeleitet wird. Das Roheisen, welches in einzelnen Garben (Bündeln) von je circa 28 Kg eingeschmolzen wird, beträgt im Ganzen durchschnittlich 129 bis 140 Kg. Nach beendetem Ausheizen der Schirbeln bleibt der Regel nach nur noch die vierte und fünfte Garbe einzuschmelzen. Allmälig erhöht sich die Oberfläche der sich am Boden sammelnden Massen und in Folge der dadurch gesteigerten Temperatur sammelt sich ein flüssigeres Eisen (Dünneisen) an. Man beurtheilt in dieser Zeit den Process hauptsächlich nach der Beschaffenheit der Schlacke, welche durch Einhalten einer kurzen eisernen Stange (Räumspiess) herausgezogen wird. Eine gare Schlacke erscheint am Räumspiess sehr hell und gleichmässig vertheilt, erkaltet ziemlich langsam und gleichmässig und erfordert zum Abspringen einige Schläge, wogegen rohe Schlacke weit weniger hell aussieht, sich un-

[1]) Der Leser möge sich dieser Einrichtung bei dem Puddelprocesse wieder erinnern. — [2]) Abtheilung II, S. 766.

gleichmässiger vertheilt findet, schnell erkaltet und leicht, meist von selbst, abspringt.

Während des Frischens wird die sich zu reichlich ansammelnde Schlacke der Regel nach 1 bis 3 mal abgestochen.

Obwohl schliesslich das niedergegangene Eisen fertiges Schmiedeeisen sein sollte, befinden sich doch meist Partien zu kohlenstoffreichen Eisens als Dünneisen dabei. Dieselben müssen noch gar gemacht werden und diese Arbeit, welche einen Uebergang zu der Zweimalschmelzerei bildet, wird das Zu- oder Nach-Rennen, auch Verkochen des Dünneisens genannt. Dabei werden gleichzeitig noch alle etwa im Feuer befindlichen losen Brocken der letzten Garbe gegart. Die Arbeit dauert 10 bis 20 Minuten.

Die oberste Schlacke wird nun abgestochen und dann der Deul ausgehoben.

Ausbringen. Die durchschnittlichen Resultate der Arbeit sind folgende:

In einer Hütte mit zwei Feuern werden bei 6 Arbeitern 10 Deule aus je 130 bis 132 Kg Roheisen in 16 bis 17 Stunden dargestellt.

Der Abgang beträgt bei Draht- und Nageleisen 15, bei gewöhnlichem Stabeisen 14 Proc. Auf 100 Kg Stabeisen werden 0·948 bis 1·138 cbm Holzkohle gebraucht, wenn mit heissem Winde und Vorglühherde gearbeitet wird, ohne letztere indessen 1·45 bis 1·58 cbm.

Steyrische Löscharbeit.

Diese Methode war in Steyermark seit Beginn des Frischens überhaupt die übliche und ist erst später durch Zweimalschmelzerei, dann durch Puddeln so verdrängt, dass sie kaum noch aufzufinden sein dürfte.

Der gemauerte Herd wird bis zur Formhöhe mit befeuchteter, womöglich schon gebrauchter Kohlenlösche ausgestampft. Darin wird eine kugelförmige Grube von 0·32 bis 0·39 m Durchmesser und 0·16 bis 0·18 m Tiefe ausgegraben, deren Seitenwände festgeschlagen werden, während die gewonnene Lösche einen Kranz um den Rand des Herdes bildet. Hierin wird dann der Schwalboden in ähnlicher Weise, wie vorher beschrieben, hergestellt. Man verwendet als Frischmaterial gross- und kleinluckiges Eisen, ersteres besonders zu härterem (kohlenstoffreichem), letzteres zu weicherem (kohlenstoffärmerem) Eisen. Im ersteren Falle wendet man 140 Kg in zwei Garben von 84 und 56 Kg, im letzteren 90 Kg in zwei Garben von 56 und 34 Kg an.

Im Uebrigen findet auch hier die Bildung eines Schweissbodens und am Schluss ein Nachrennen statt. Mit der Lappe wird häufig der ganze Schlackenboden ausgehoben.

Der Abgang bei dieser Arbeit beträgt 8 Proc. für hartes, 12 Proc. für weiches Eisen; übrigens hat man die Beschaffenheit des Eisens nicht in der Gewalt und erhält der Regel nach ungleichmässige Deule. Auf 100 Kg Stabeisen werden 1·69 bis 2·26 cbm Holzkohlen verbraucht.

Die Production in einer Woche beläuft sich bei 6 Arbeitern auf 6000 bis 7500 Kg Stabeisen.

Andere Modificationen.

Die kärntische Löscharbeit bedient sich der gebratenen Blatteln (siehe Seite 52). Der Feuerboden wird wie bei der steyrischen Arbeit mit Lösche bedeckt, aber dieselbe wird im trocknen Zustande angewendet. Die Blatteln werden in Packeten mit Hammerschlag gemischt aufgegeben. Eine Luppe wiegt 134 bis 157 Kg. Der Abgang vom rohen Blattel an ist durchschnittlich 20 Proc. Auf 100 Kg Stabeisen werden 1·41 bis 1·69 cbm Holzkohle verbraucht.

Die siegensche Einmalschmelzerei [1]), jetzt gänzlich aufgegeben, verarbeitete ein weissstrahliges oder halbirtes Eisen auf einem Schwalboden. Es wurde hier sofort mit dem Einschmelzen begonnen und dabei ein garer Frischboden gebildet. Ein im Anfange stattfindendes Aufbrechen erinnert an Zweimalschmelzerei, ein Garmachen einzelner Brocken vor der Form an das Kolbenfrischen.

Die Tyroler Schmiede schliesst sich an die steyrische Löscharbeit an, bedient sich aber als Material des Hartzerrenneisens (siehe Seite 25).

Die lombardische oder Müglaarbeit [2]) benutzt das Kartitsch- oder Kortitscheisen, dessen Darstellung Seite 44 [3]) beschrieben wurde, verarbeitet dasselbe auf einem Löschherde und erzeugt kleine 40 bis 55 Kg wiegende Luppen bei sehr hohem Kohlenaufwande (250 Proc. vom erzeugten Stabeisen [4]). Die Entkohlung wird wesentlich durch die eingemengte Schlacke beschleunigt.

Die salzburgische Sinterarbeit, welche gänzlich erloschen ist, benutzte gepochtes Roheisen (vergl. Seite 23) und bediente sich eines durch einen Löschkranz schachtofenähnlich (um circa 1 m) erhöhten Feuers,

---

[1]) Tunner, op. cit., Seite 139. Karsten IV, Seite 146, Wigand S. 56. — [2]) Tunner, op. cit. II, S. 144 und Audibert, Notice sur l'affinage du fer par la méthode bergamasque dans les usines de Lombardie. Annales des Mines, IV, I, p. 613. — [3]) Vergl. auch Seite 84. — [4]) Die beim Einschmelzen des Roheisens zur Erzeugung von Kortitsch gebildete Schlacke enthält nach Audibert:

Kieselsäure	28·2	Proc.
Eisenoxydul	38·1	„
Manganoxydul	25·7	„
Kalk	6	„
Magnesia	2	„

in dem ein Gemisch von Eisen und Schlacke (auf 100 Kg Roheisen 32 bis 36 Kg Glühspan) entkohlt wurde. Schliesslich schmolz man noch altes Abfalleisen nach. Der Kohlenverbrauch war sehr hoch.

B. Stahlerzeugung.

Nach den früheren Auseinandersetzungen (Seite 56) ist das Product der Rohfrischperiode eines jeden Eisenfrischprocesses Stahl. Hiernach könnte man durch rechtzeitige Unterbrechung der Arbeit immer Stahl erhalten. In der That besitzt auch das entsprechende Zwischenproduct am Ende des Rohfrischens den Kohlenstoffgehalt des Stahls, aber in Folge des allmäligen Niedergehens, der gareren Beschaffenheit einiger Theile gegen die anderen ist dasselbe der Regel nach so ungleichförmig, dass es als Stahl für die Technik nicht brauchbar erscheint. Zudem ist es so innig mit Schlacke gemischt, dass es ohne weitere Schweissarbeit zu unrein ausfallen und durch eine weitere Schweissarbeit wieder zu stark und dabei ebenfalls ungleichförmig entkohlt werden würde.

Aus diesen Gründen muss man in allen Fällen eine von derjenigen der Schmiedeisenerzeugung abweichende Methode anwenden.

Zuvörderst kann überhaupt nur ein sehr reines Materialroheisen gebraucht werden, da es nicht gelingt, bei der verhältnissmässig hohen Temperatur und dem reducirenden Einflusse der mit dem Metalle in directe Berührung kommenden glühenden Holzkohlen eine grössere Menge von Phosphor und Schwefel abzuscheiden [1]). Bei Koks erblasenes Roheisen kann daher der Regel nach gar nicht benutzt werden und da, wo der Kokshochofenbetrieb den Holzkohlenhochofenbetrieb verdrängte, war man auch gezwungen, den Holzkohlenfrischprocess auf Stahl sofort aufzugeben.

In Bezug auf den Feuerbau gilt als Regel, eine möglichst kleine Herdgrube anzuwenden, weil man nur in dieser bei gleichzeitiger Verschmelzung kleiner Sätze (Heissen) auf ein einigermaassen gleichmässiges Product rechnen kann. Im Uebrigen baut man das Feuer auf Rohgang (vergl. Seite 65), d. h. man macht es verhältnissmässig tief, giebt dem Winde starke Pressung, wendet heisse Gebläseluft an u. s. w., nur hinsichtlich der Form verfährt man so, als sollte Gargang hervorgerufen werden, d. h. man giebt derselben eine starke Neigung (12 bis 25 Grad Stechen). Durch die Bauart des Feuers auf Rohgang gelingt es, den Frischprocess zu verzögern, also erstens Zeit zu gewin-

[1]) In dieser Beziehung steht der Puddelprocess dem Herdfrischprocess wesentlich voran und letzterer hat ersteren daher auch bei der Stahlerzeugung viel schneller verdrängt, als bei der Eisendarstellung.

nen, die Unreinigkeiten aus dem Roheisen abzuscheiden, und zweitens bei der langsamer voranschreitenden Entkohlung leichter den richtigen Zeitpunkt festzuhalten, zu welchem gerade der gewünschte Kohlenstoffgehalt vorhanden ist. Je rohschmelziger das Eisen ist, um so unreiner darf es unter sonst gleichen Umständen sein.

Die den Gargang befördernde Neigung der Form wird trotzdem gewählt, weil nach einmaligem (also rohem) Niederschmelzen die weitere Entkohlung auf dem Boden des Feuers vorgenommen wird. Hier befindet sich das Eisen unter einer Schlackendecke, welche durchbrochen werden muss, wenn der Windstrom oxydirend wirken soll. Man führt einen dem Puddeln ganz analogen Vorgang aus.

Um eine dünnflüssige Schlackendecke zu erhalten, wählt man gern ein manganhaltiges Roheisen, fügt auch wohl manganhaltige Zuschläge bei.

Das auf dem Boden des Feuers angesammelte Eisen darf nicht zu stark abgekühlt werden; deshalb wählt man der Regel nach einen die Wärme weniger leitenden Stein statt einer Eisenplatte zur Unterlage.

Die Arbeit unterscheidet sich noch dadurch wenigstens von vielen Frischprocessen auf Schmiedeisen, dass das Einschmelzen mit dem Garen Hand in Hand geht, also das Roheisen allmälig (in kleinen Mengen oder Heissen) und während der Arbeiten im Herde eingeschmolzen wird.

Aus dem Gesagten ergiebt sich als eine natürliche Folge, dass der Aufwand an Zeit und Brennmaterial bei der Frischstahlerzeugung trotz des kürzeren chemischen Processes gegen die Schmiedeisenerzeugung grösser ist.

Die Stahlhüttenleute gebrauchen zuweilen technische Ausdrücke, welche von den bei der Schmiedeisenerzeugung üblichen abweichen. Sie nennen den Deul Schrei oder Cotta; ein dem Dünneisen entsprechendes, roh und wenig verändert eingeschmolzenes Roheisen heisst Sauer die Schlacke Lacht, die Flamme Lauch. Das Product wird richtig als Herdfrischstahl, kurz Herdstahl bezeichnet. Schlecht, obgleich gewöhnlich, ist der Ausdruck: Rohstahl (*Raw Steel*), da der Herdstahl nur eine der Rohstahlarten ist, früher abgesehen vom Rennstahl [1]) allerdings die einzige war.

Man kann zwar bei der Stahlerzeugung Zweimalschmelzerei, welche Fein und Rohfrischperiode umschliesst, und Einmalschmelzerei, welche nur die Rohfrischperiode hat, unterscheiden, der Unterschied ist aber weniger deutlich, als bei der Schmiedeisendarstellung, weil das Aufbrechen der einmal niedergegangenen Massen auch im ersten Falle nicht stattfindet, sondern das Garen, wie erwähnt, auf dem Boden vollendet wird.

---

[1]) Vergl. Abth. I, S. 543 u. a. a. O.

a. Zweimalschmelzerei.

Bei der Zweimalschmelzerei wendet man stets rohschmelziges Roheisen, d. h. entweder graues oder Spiegeleisen, sammt einem dem letzten nahestehendes weissstrahliges Roheisen an.

Es lassen sich nach dem Materialeisen drei Methoden unterscheiden, nämlich:

1) Die norddeutsche Methode, welche gewöhnliches graues Roheisen benutzt,

2) die französische oder Dauphinéer Methode, welche dunkelgraues Roheisen verwendet und

3) die Siegener Methode, welcher Spiegeleisen als Material dient.

Alle drei sind bis auf wenige Reste als erloschen zu betrachten.

Norddeutsche Methode[1]).

Die norddeutsche Methode, welche im nördlichen Westfalen und in Oberschlesien am meisten ausgebildet worden ist, hat sich in letzterer Provinz am längsten erhalten und wird zum Theil dort noch ausgeübt.

Herd. Die Breite des Herdes vom Form- zum Gichtzacken (Widerblase) beträgt 0·89 m, die Länge vom Hinterzacken bis Vorherdplatte 0·78 m. Der Herd ist vom Boden bis zur Formmündung 0·13 bis 0·16 m tief, der Formzacken hängt 8 bis 12 Grad ins Feuer und die Form, welche 0·105 m ins Feuer vorragt, hat eine Neigung von 10 bis 12 Grad. Der Boden ist aus vier in der Mitte zusammenstossenden Sandsteinstücken gebildet. Der Herd wird bei Beginn der Arbeit mit Lösche ausgefüttert.

Arbeit. Man schmilzt Heissen von 10 bis 20 Kg mit etwas Garschlacke zusammen ein und heizt während des Einschmelzens die Schirbeln des vorherigen Schreis aus. Ist die erste Heisse niedergegangen und in vollkommen flüssigem Zustande auf dem Boden angelangt, so wird Garschlacke eingerührt bis die Masse breiartig wird. Dann wird die inzwischen rothglühend gemachte zweite Heisse niedergeschmolzen, welche sich mit dem auf dem Boden befindlichen Eisen wieder zu einer flüssigen Masse vermischt. Beim Einschmelzen der dritten Heisse lässt sich, da die Masse immer garer wird, schon nicht mehr derselbe Flüssigkeitsgrad erreichen; trotzdem wird wieder Garschlacke eingerührt bis ein mit der Brechstange nicht mehr durchstossbarer Kuchen entsteht. Nun werden nach einander die dritte und vierte Heisse (je 15 Kg) eingeschmolzen — und zwar möglichst in der Mitte des Feuers, um die garen Rän-

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 445.

der des Schreis zu schonen — und unter Rühren mit der Brechstange auf dem Boden gar gemacht. Die Garschlacke wird beständig abgelassen, um nicht bei starker Ansammlung zu sehr entkohlend zu wirken. An der Beschaffenheit der Stahlansätze an der Brechstange (Frischvögel), die hell und zähe sein müssen, erkennt man die Gare. Ist diese erreicht, so wird der Herd ausgeräumt und der Schrei ausgebrochen.

Zuweilen wird beim Einschmelzen der letzten Heissen altes Schmiedeeisen zugesetzt und dadurch das Garen des Schreis befördert. Man nennt diese besonders früher in der Grafschaft Mark (Westfalen) gebräuchliche Methode Schrot- oder Schratschmiederei.

Ein besonders zu den Zieheisen für Drahthütten gesuchtes kohlenstoffreiches Product, den sogenannten Willerstahl oder wilden Stahl, erhält man durch Abstich des niedergehenden flüssigen Stahls aus dem Schlackenloch bevor er sich setzt [1]).

Resultate. Auf 100 Kg Herdstahl werden 2·47 cbm Holzkohle verbraucht. Der Abbrand beträgt durchschnittlich 33 Proc., günstigsten Falls 25 Proc. Ein Feuer liefert wöchentlich 1250 Kg Stahl bei 6 Mann, je 3 in zwei abwechselnden Schichten.

Französische oder Rivois-Stahlschmiede [2]).

Der Herd. Der für den Rivois'schen Process angewendete Herd ist eine mit Gestübbe ausgekleidete Grube, oben 0·50 bis 0·75 m und 0·45 bis 0·65 m im Durchmesser. Die Tiefe schwankt zwischen 0·60 und 0·75 m. Der Wind wird durch eine 2 bis 3 cm vorragende Form von 34 mm Durchmesser zugeführt, welche 0·45 bis 0·60 m über der Herdsohle liegt.

Arbeit. Während bei der norddeutschen Methode das Feinen durch das Einschmelzen, das Rohfrischen aber durch die Behandlung am Boden des Feuers geschieht, wird bei der französischen Rivois-Stahlschmiede oder Dauphinéer Methode, welche als Material ein dunkelgraues, siliciumreiches Roheisen [3]) benutzt, zuvörderst ein eigentlicher Feinprocess mit dem bereits eingeschmolzenen Roheisen durchgeführt. Es werden hierfür sehr grosse Einsätze, circa 1250 Kg, in dem geräumigen Frischfeuer eingeschmolzen. Der Herd wird mit Holzkohlen angefüllt, das mit Zangen gehaltene oder durch Eisenstäbe gestützte Roheisen darauf gelegt und wieder mit Kohlen bedeckt. Zuoberst kommt noch eine Decke von garen Schlacken, Hammerschlag u. s. w.

---

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 475. — [2]) Annales des mines, 5 série, XV, und Berg- und Hüttenzeitung 1860, S. 181. — [3]) Seltener hellgraue oder halbirte Eisensorten, z. B. nach Lan eine Mischung von 400 Kg dunkelgrauem, [illegible] Kg mittelgrauem, 500 Kg halbirtem, 150 Kg weissstrahligem Roheisen.

Das Schmelzen dauert 4 bis 5 Stunden. Nun wird das Stechen des Windes vergrössert und die Pressung vermehrt. In dieser Zeit (der Feinperiode) wird gleichzeitig Kohlengestübbe bereitet und danach die Arbeit auch das Kohlenkochen (*Cuisage de la brasque*) genannt. Die Arbeit dauert circa 2 Stunden. Sodann wird das Schlackenbad von Kohle, oder wenn sich das Eisen sehr roh zeigt, sogar das Eisenbad von Schlacke, entblösst und mit frischer Garschlacke versehen, das Ganze abgekühlt und darauf zum eigentlichen Frischen geschritten, nachdem noch alle Ansätze abgestossen und in das Bad gebracht sind.

Das Frischen geschieht unter starkem Aufschäumen der Massen durch Einrühren von Garschlacke und Hammerschlag, wobei sich Krusten bilden, welche einzeln durch innige Vermengung und Berührung mit flüssiger Garschlacke gegart, aus dem Herde genommen und gezängt werden.

Der ganze Process bietet mancherlei Aehnlichkeiten mit dem Puddelprocesse, so die Abkühlung vor Beginn des Frischens, ein Aufschäumen während desselben, das Einrühren der Schlacken, und Lan, welcher die chemischen Vorzüge untersucht hat, macht mit Recht einen Vergleich zwischen beiden Arbeiten, ohne doch aber daraus die Nutzanwendungen für die Technik der letzteren zu ziehen. Hier seien nur die Schlussfolgerungen erwähnt, welche dahin gehen, dass während der Einschmelz- und Feinperiode das Roheisen eine Reinigung erleide, d. h. von Silicium und Mangan befreit werde, ohne dass der Kohlengehalt sich vermindere, während sich gleichzeitig der Kupfergehalt concentrire. Erst in der letzten Periode des Frischens finde eine Kohlenstoffverminderung statt. Dies entspricht ganz den bereits vielfach erläuterten Vorgängen.

Uebrigens muss hier bemerkt werden, dass dieser Process sich nicht unwesentlich von den meisten übrigen dadurch unterscheidet, dass Einschmelzen und Feinen in zwei gesonderten Perioden und nicht gleichzeitig erfolgt.

Ausbringen. Eine ganze Hitze dauert 18 bis 22 Stunden und ergiebt 30 bis 40 Deule. Auf 100 Kg Stahl werden 90 bis 95 Kg Holzkohle verbraucht. Der Abgang beträgt 8 bis 9 Proc., wenn die Arbeit gut verläuft.

Das Product ist sehr ungleichmässig. Die obersten Krusten pflegen am garsten, die untersten am rohesten zu sein.

Siegerländer Stahlschmiede[1]).

Herd. Der Process wird, wie die norddeutsche Arbeit, in einem mit gusseisernen Zacken ausgesetzten Herde ausgeführt[2]), auch der

---

[1]) Tunner, op. cit. II, p. 286, Percy, Iron, 779. — [2]) Bei den Feuern beider Methoden liegt über dem Gichtzacken eine horizontale Eisenplatte, welche etwa 0·235 m ins Feuer frei überragt.

Boden besteht aus feinkörnigem Sandstein, welcher auf einer Lehmsohle ruht. Das Feuer hat eine Länge hinten von 0·71 m, vorn von 0·76 m, eine Breite von 0·76 m; die Form hat (für Spiegeleisen) eine Neigung von 10 bis 15 Grad und der Wind schlägt etwas vor dem Windzacken auf den Boden.

Arbeit. Ist der Boden eines bereits gebrauchten Feuers mit Sandsteinstückchen und Lehm ausgebessert, so wird er zuvörderst mit einer dünnen Lage Hammerschlag bedeckt, welcher mit der Kieselsäure des darunter liegenden Bodens zu einer glatten Fläche verschlackt.

Der Process, wie er aus dem Jahre 1859, kurz vor seinem gänzlichen Erlöschen in Folge der Ausbreitung des Puddelns, von Hochstätter[1]) geschildert wurde, wird folgendermaassen ausgeführt:

Auf den Boden wird ein 26 mm starkes Lager brennender Holzkohle gebreitet, hierauf die erste Heisse von 25 bis 30 Kg (vorgewärmtes Roheisen weissstrahliger Textur, sogenanntes Nebeneisen) am Windzacken vertical aufgestellt, der übrige Raum des Herdes mit Holzkohle gefüllt, das Gebläse angelassen und in der Abhitze das Ausheizen der Schirbeln des vorigen Schreis vorgenommen. In das eingeschmolzene und dabei gefeinte Eisen wird Garschlacke gerührt. Zeigt sich bei der Untersuchung, dass die Masse teigige Beschaffenheit annimmt, so wird die zweite Heisse (50 Kg Nebeneisen) eingeschmolzen, welche die erste wieder vollkommen aufnimmt, hierauf Spiegeleisen in 4 bis 5 Stücken von je 50 Kg und zwar um so mehr, je garer sich das aus dem Nebeneisen erhaltene Product am Boden zeigte; jedoch sollen jetzt diese Heissen die vorigen nicht mehr ganz aufnehmen. Ist Alles eingeschmolzen, so muss auch die hinreichende Gare durch den Einfluss der Schlacke erlangt sein. Der Herd wird ausgeräumt und der Schrei ausgebrochen.

Resultate. Die Dauer einer Arbeit beträgt 7 bis 8 Stunden. Wöchentlich werden mit einem Feuer 8 bis 12 Schreie dargestellt und davon 2500 bis 3000 Kg Stahlstäbe gewonnen. Hierunter sind nur 800 bis 1000 Kg guter Stahl (Edelstahl). Das Uebrige wird als Mittelkür bezeichnet. Der letztere, ein dem Schmiedeisen im Kohlenstoffgehalte sich annähernder Stahl, nimmt der Regel nach die Mitte des Deuls ein. Der Deul wird daher zu einem flachen Kuchen gehämmert und in 7 bis 8 Sectoren getrennt, deren Spitze man abhaut.

Auf 100 Kg Stahl werden 0·88 bis 0·96 cbm Holzkohle verbraucht. Der Abgang beträgt 26 bis 30 Proc.[2]).

---

[1]) Percy, Iron, p. 779. — [2]) Der Siegener Herdstahl enthielt etwa 0·3 Proc. Kupfer und 0·31 bis 0·37 Proc. Schwefel. Der Stahl fiel unter sonst gleichen Umständen stets um so härter aus, je reicher an Mangan das Spiegeleisen war.

b. Einmalschmelzerei.

Die Einmalschmelzerei ist für die Stahlerzeugung von gleicher Bedeutung geblieben, wie die Zweimalschmelzerei für Schmiedeisen, weil sie da, wo noch Holzkohlen in hinreichender Menge zu beschaffen sind, mit Benutzung eines reinen weissen oder gefeinten Eisens den beiden anderen Stahlfrischprocessen Concurrenz machen kann.

Tunner[1]) unterscheidet vier hierhin gehörige Methoden:

Die steyrische, die kärntische, die tyroler und die paaler Herdfrischarbeit Nur die beiden ersten sind von Wichtigkeit, die paaler Arbeit ist eine Varietät der kärntischen und die tyroler ein Mittel zwischen steyrischer und kärntischer Arbeit.

Die steyrische Rohstahlarbeit[2]).

Die steyrische Rohstahlarbeit benutzt luckiges Weisseisen. Sie schliesst sich am nächsten an die Seite 86 beschriebene steyrische Löscharbeit für Schmiedeisen an.

Der Herd. Der Herd ist mit einer Lehmsohle versehen. Die Herdgrube ist 0·61 m lang, 0·53 m breit, von der Form ab 0·26 bis 0·32 m tief. Die Neigung der Form beträgt 15 bis 17 Grad. Die halbrunde Mündung hat 39 mm Breite und 35 mm Höhe. Mit Vortheil hat man (z. B. zu Weyer) geschlossene Herde und auf etwa 150 bis 190 °C. erwärmten Wind bei einer Pressung von 2 bis 3 cm Queeksilbersäule angewendet. Hier ist die Herdgrube an der Formseite 0·51 m, an der Windseite 0·54 m breit, die Tiefe unter der Form bis zu dem mit Hammerschlag bestreuten Löschboden 0·25 m. Der Formzacken ist 70 Grad in den Herd, der Windzacken 62 Grad, der Hinterzacken 83 Grad, der Vorderzacken 73 Grad aus dem Herde geneigt. Mit jedem Frischfeuer ist ein Vorglühherd verbunden.

Arbeit. Der Herd wird zuvörderst mit einer Sohle von angefeuchteter Lösche (bis zu 0·18 oder 0·24 m Höhe unter der Form) versehen; darauf kommt eine schwache Lage Garschlacke; der ganze übrigbleibende Raum wird mit Lösche bis zur Form ausgefüllt, in dieser eine kleine Grube ausgegraben und aus der gewonnenen Lösche ein Kranz gebildet. Die Herdgrube wird nun mit Holzkohle gefüllt und mit zerkleinerter Garschlacke überstreut. Das Gebläse wird angelassen, die Schirbeln des vorigen Schreis werden ausgeheizt und gleichzeitig geht die erste Heisse von circa 60 Kg Roheisen — im Ganzen werden 75 bis 90 Kg ver-

---

[1]) Op. cit. II, S. 223. — [2]) Tunner, Op. cit., S. 225.

schmolzen — ins Feuer, um vorläufig nur angewärmt zu werden, was übrigens nicht nöthig ist, wenn ein Vorglühherd vorhanden ist. In dieser Zeit bildet sich aus der aufgestreuten Garschlacke der Zerrennboden (Feuersaft). Die Menge der Garschlacke schwankt beträchtlich, beträgt aber im Durchschnitt 12 bis 18 Kg. Man arbeitet im Gegensatz zu der Eisenarbeit auf mehr und rohere Schlacke, welche auch in dieser Beschaffenheit während der Arbeit im Feuer erhalten werden muss. Im Verlauf des Ausheizens setzt sich nun, wie bei der Eisenarbeit, ein Schweissboden aus den abschmelzenden Theilen der Schirbeln an, welcher indessen nur bei schwachem Winde hinreichend aufwächst.

Als Regel für die Beschaffenheit des Schweissbodens gilt, dass er sich nicht wie bei den Eisenarbeiten klebrig anfühlen darf, weil er sonst zu gar sein würde. Er muss vielmehr hart oder schlüpfrig sein, dabei langsam höher werden und beständig von einem einige Centimeter tiefen Bade einer dünnflüssigen (rohen) Schlacke bedeckt sein.

Nach $^3/_4$ Stunden kann das Abschmelzen der Roheisengarbe beginnen. Auf das oberste Stück setzt man etwas Stockweich (Schlacke vom Zängen).

Noch ehe das Ausheizen vollendet ist, wird die zweite Roheisengarbe, 15 bis 30 Kg schwer, ins Feuer gebracht und vorgewärmt. Das gesammte Ausheizen dauert etwa 2 Stunden.

Wird das Roheisen zu langsam eingeschmolzen, so geht die Arbeit zu gar, der Boden fängt an klebrig zu werden, ja es zeigt sich sogar Dünneisen bei der häufig vorgenommenen Untersuchung mit der kleinen Brechstange. In solchen Fällen muss der Wind verstärkt und das Roheisenschmelzen durch schnelleres Vorschieben beschleunigt werden.

Wird das Roheisen zu schnell eingeschmolzen, so äussert sich dies zuvörderst durch völliges Hartwerden des Bodens, der dabei stellenweise tiefer geht statt aufzuwachsen. In solchem Falle muss der Wind abgeschwächt, das Roheisen langsamer vorgerückt und die Schlacke abgestochen werden. Tritt dieser Vorgang dadurch ein, dass ein Stück Roheisen abspringt oder aus der Zange, mit welcher die Garbe vorgeschoben wird, fällt, so kann ihm nur durch Herausholen des betreffenden Theils mit Erfolg entgegengearbeitet werden. Um namentlich gegen Ende des Einschmelzens dies zu verhüten, werden die Roheisenstücke auf die hohe Kante gestellt.

Sollte im Verlaufe der Arbeit die Schlacke zu gar ausfallen, so muss man Rohschlacke zusetzen oder zu dem immer mit Eisenverlust verbundenen Zuschlag von Quarzsand seine Zuflucht nehmen.

Bei regelmässigem Gange soll das Roheisen, ehe es zu Boden gelangt, beinahe die richtige Gare erlangt haben. Es geht dann unter der Schlackendecke nach unbedeutendem Aufkochen in den festen, stahlartigen Zustand über, während die Beschaffenheit der Schlacke ein weiteres Garen, d. h. eine weitere Entkohlung verhindern muss.

Ist daher das Roheisen eingeschmolzen, so soll auch der Process vollendet sein. Ein Nachzerrennen darf nicht stattfinden. Das Feuer wird nun zusammengeschürt, die Schlacke in eine mit Wasser gefüllte Grube abgestochen, eine Schaufel nasser Schlacke in den Herd geworfen und das Gebläse eingestellt. Den Stahlschrei lässt man, nachdem er etwas gelüftet ist, noch $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde in der Grube liegen, um ihn langsam etwas abzukühlen und zwar um so mehr, je roher er ausgefallen ist. Ein zu heisser wie ein zu kalter Stahldeul zerfällt unter dem Hammer.

Resultate. Die ganze Zeit einer Arbeit beträgt $3^1/_2$ bis 4 Stunden. Auch bei diesem Processe erfolgt kein gleichmässiges Product und man unterscheidet vom reinen Stahl, durch eisenschüssiges Material, bis zum eisenartigen Abfall eine Menge von Varietäten [1].

In 15 bis 16 Stunden werden bei Anwendung zweier geschlossener Feuer und heissen Windes mit 4 Arbeitern 8 Schreie erzeugt, welche circa 5 ^ Kg Stahlstangen liefern. Der Eisenabgang schwankt zwischen 9 und 10 Proc. Der Kohlenverbrauch beträgt auf 100 Kg Stangenstahl bei verdecktem Herde 1·24 bis 1·41 cbm, bei offenem Herde bis zu 2·26 cbm.

Kärntische Stahlarbeit.

Der Herd. Der Herd hat 0·579 bis 0·632 m Länge und Breite, 0·289 bis 0·342 m Tiefe von Form bis zur festgestampften Löschsohle [2].

Der Riastein (Windzacken) hat eine wechselnde Höhe und zwar ist er um so höher, je garer der Gang ausfallen soll, weil das Roheisen auf seiner Oberkante aufliegt und die Tropfen daher mit zunehmender Höhe einen weiteren Weg bis zum Boden zurückzulegen haben. Die Form hat eine kreisförmige Mündung von 35 bis 37 mm Durchmesser, 92 bis 118 mm Ueberliegen und 10 bis 16 Grad Stechen.

Das Material sind halbirte (selten graue), durch Hartzerrennen (siehe Seite 25) weiss gemachte, sogenannte Böden oder durch Abschrecken geweisste (spiegeleisenähnliche) Blattel. Das Hartzerrennen wird oft in derselben Herdgrube vorgenommen.

Die Arbeit. Der Löschboden wird zuvörderst sorgfältig hergestellt und möglichst fest gestaucht.

---

[1] So unterscheidet man: Meisselstahl (Münz- oder Rosenstahl), Edelstahl (Rohstahl), Mock (Halbstahl, Rückenzeug), Rohmittelzeug, Hammereisen, Abfälle (Refudi), oder: Zeugmachstahl, Rohstahl (Rosenstahl), Sensenstahl (Müllerstahl, Stückstahl, Schneidzeugstahl), Gärbzeug, Mock (Halbstahl, Rückenzeug), Refudi. — [2] Die Zacken (Abbrände, Steine, Feuerplatten) haben hier besondere Namen: Der Formzacken behält den Namen Formstein, der Gicht- oder Windzacken heisst Riastein, der Hinterzacken Rollstein, der Schlackenzacken Löschstein.

Die Arbeit selbst beginnt mit der Bildung des sogenannten Sauers, einer durch Einschmelzen unvorbereiteten Roheisens hergestellten dickflüssigen Eisenmasse. Bei der Verarbeitung von Blatteln werden hierzu die dicken Ränder und Könige (siehe Seite 21) genommen und zwar im Gewichte von 20 bis 35 Kg. Man schmilzt das Material zum Sauer mit etwas Schlackenzusatz in $1/2$ bis $3/4$ Stunden ein.

Gleichzeitig mit dieser Arbeit werden die Stücke des vorigen Cottas (Deuls) ausgeheizt und von anhaftenden, eisenschüssigen Häuten geputzt. Hierbei wird ein doppelter Zweck verfolgt. Erstens wird der Sauer durch die abschmelzenden Deultheile allmälig garer und zweitens taucht man die zu weich gewordenen Deultheile in den Sauer und härtet sie dadurch, indem man ihnen eine kohlenstoffreiche Hülle giebt [1].

Wird der Sauer vor der Zeit zu gar (verkocht), so giebt man weiteres Roheisen nach, bleibt er zu lange roh, so setzt man garende Zuschläge. Nach Vollendung dieser durchschnittlich $1\,1/2$ Stunden dauernden Periode wird der Wind abgestellt und der Herd bis auf den Sauer abgeräumt. Von letzterem [illegible]bt man die erstarrte Schlackenkruste ab und bricht ihn dann durch. Die Brocken werden auf die Mitte des Herdes zusammengezogen und der Herd selbst wieder mit Kohle gefüllt.

In dem frischen Feuer wird jetzt aus dem Sauer eine Masse gebildet, welche an der oberen Seite als gares Eisen einen geeigneten Frischboden für den zu bildenden Deul abgiebt, während die Unterseite in Berührung mit dem Löschboden von Neuem in einen Sauer übergeht. Nur bei einer solchen Beschaffenheit gelingt es einen guten (harten) Stahlschrei zu erzeugen. Während dieses sogenannten Verkochens des Sauers wird mit dem Ausheizen der Deulstücke fortgefahren. Nach $1/2$ [illegible] $3/4$ Stunden wird mit dem Einschmelzen des Roheisens (der Böden der Blatteln) begonnen, wobei gleichzeitig für reichliche Schlackenmenge (Feuersaft) gesorgt werden muss. Ist die sich bildende Schlacke zu gar, so wird sie durch Zuschlag von Quarz, oder auch durch schnelles Einschmelzen frischer dünner Blattel, was jedenfalls rationeller ist, roher gemacht. Die Schlacke muss den Frischboden 0·053 bis 0·066 m hoch bedecken. Bei der Bildung des Deuls ist auf ein gleichmässiges Aufwachsen zu achten, um auf ein ebensolches Product hinzuwirken. Geht der Gang zu gar, ist also Befürchtung vorhanden, Schmiedeisen, statt Stahl zu erhalten, so geht die bei gutem Gange hellrothe Flamme in eine weisse oder bläuliche über und der Frischboden wird klebrig. Man muss dem durch beschleunigtes Einschmelzen entgegen arbeiten. Geht der Gang zu roh, so wird die Flamme dunkelroth bis bräunlich und der Boden wird völlig hart. Langsames Schmelzen, auch wohl Abstechen der rohen Schlacke heben dieses Uebel. Bei ganz normalem Gange schmilzt

---

[1] Dieser Vorgang wird bei der sogenannten Paaler Methode als Regel [illegible]tzt.

das Roheisen in einzelnen Tropfen, sammelt sich bereits teigartig auf der jedesmaligen Oberfläche des sich bildenden Deuls und geht erst hier unter der Schlackendecke mit geringem Aufkochen in Stahl über. Nach $3^1/_4$ bis $3^3/_4$ Stunden ist die Herdgrube voll. Man räumt aus, zieht die erstarrenden Schlackenkrusten ab, kühlt 10 bis 15 Minuten ab und hebt den Deul (die Cotta) aus. Der vorher erwähnte (nachträglich gebildete) Sauer wird auf dem Boden zurückgelassen und zwar in dem Maasse, dass von dem ursprünglich geschmolzenen Roheisen von 40 Kg je 10 verkocht werden, der Rest aber für den nächsten Deul im Feuer bleibt. So könnte man damit vier Deule herstellen, erstreckt dies jedoch nicht über drei hinaus. Bei diesen folgenden Deulen fällt hienach die Sauerbildungsperiode fort und man gewinnt $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden an Zeit.

Auch bei dieser Art von Arbeit fällt trotz aller Sorgfalt der Stahl ungleichförmig aus und man unterscheidet reinen und mehr oder weniger eisenschüssigen [1]).

Die Erzeugung des sogenannten Brescianer- oder Kistenstahls bildet meist die Hauptproduction der kärntischen Stahlfeuer und daher wird die Arbeit auch zuweilen die Brescianarbeit oder die unechte Brescianarbeit genannt.

Das Ausbringen. Ein kärntisches Feuer erzeugt bei drei Mann Belegschaft wöchentlich 1500 bis 1750 Kg Stahl. Der Holzkohlenverbrauch beträgt (einschliesslich desjenigen zum Hartzerrennen) 2·26 bis 2·82 cbm auf 100 Kg fertigen Stangenstahl. Der Abgang ist 20 bis 30, durchschnittlich 25 Proc. Von dem Producte sollen $^3/_4$ reiner Stahl sein. Die Arbeit liefert im Allgemeinen härteren und gleichförmigeren Stahl als die steyrische.

Modificationen.

Die Tyroler Stahlarbeit benutzt dasselbe Feuer bald zur Darstellung von Stahl, bald zu der von Schmiedeisen. Die Bildung des Bodens stimmt mit der kärntischen, die Arbeit selbst mit der steyrischen Arbeit überein.

Die Paaler oder echte Brescianer Stahlarbeit [2]) unterscheidet sich nur durch das regelmässige Eintauchen der Deulstücke in den Sauer von der kärntischen Stahlarbeit. Es wird hierbei der Stahl stets mit einer Oberfläche von kohlenstoffreicherem, härterem Stoff überzogen. Man lässt die Schirbeln (von 22 bis 32 Kg) der Regel nach 12 bis 18 Minuten im Sauer liegen. Aus diesem Grunde wird auch die Herdgrube tiefer gemacht, das Stechen der Form erhält 16 bis 20 Grad, die Menge des den Sauer bildenden Roheisens beträgt 50 bis 75 Kg Roheisen, seine Garung erfolgt durch Einrühren von garenden Zuschlägen (Mügla [3]).

---

[1]) Kölberstahl (Brescianer, Münzkölberl), Tannenbaumstahl, Stückstahl, Mockstahl, Refudi. — [2]) Siehe oben. — [3]) Vergl. S. 45.

Schlussfolgerungen.

Bedingungen für den Herdfrischprocess. Ueberblickt man die zahlreichen Methoden der Herdfrischerei auf Schmiedeisen und Stahl, welche im Vorhergehenden zum Theil ausführlich beschrieben, zum Theil nur kurz erwähnt sind, je nachdem sie gegenwärtig noch eine mehr oder minder grosse praktische Bedeutung oder ein wissenschaftliches Interesse besitzen, so ersieht man zuvörderst, dass alle wesentlich auf der Geschicklichkeit und der Urtheilskraft der sie ausführenden Arbeiter beruhen. Nur in wenigen Fällen sieht der Arbeiter die Masse, welche er behandelt und auch die äusserlich hervortretenden Erscheinungen, wie Flamme, Funken, herausgeholte Ansätze von Eisen und Schlacke, bieten nur unzureichende sichtbare Kennzeichen, vielmehr liegt das sicherste Kennzeichen in dem Gefühle des Widerstandes, welchen die von Kohle oder Schlacke bedeckten Massen gegen das Eindringen eines festen Gegenstandes bieten. Die grossen und schweren Brechstangen, welche nur an einem Punkte von der Herdkante gestützt werden und mit dem kürzeren Theile ins Feuer ragen, geben gleichsam als Fühlhebel das wirksamste Hülfsmittel hierbei ab; aber eine lange Uebung ist unter allen Umständen für den Frischer das erste Erforderniss. So haben denn die Frischprocesse auch nur da Fortschritte gemacht, wo ein richtiges Lohnsystem den eigenen Eifer der Arbeiter hinreichend anspornte, wo der beaufsichtigende Beamte selbst ein praktischer Frischer war und sich daher ein gutes Urtheil über den Erfolg jederzeit bilden konnte. Die grossen Verschiedenheiten im Ausbringen, im Kohlenverbrauch u. s. w. bei sonst ganz gleichen Grundlagen liefern hierfür hinlänglichen Beweis. Aus denselben Gründen hat sich auch ein und dieselbe Frischmethode, gleichgültig ob vollkommen oder unvollkommen, Jahrzehnte hindurch unverändert in bestimmten Gegenden forterhalten; sie hat meist nur bei Einführung fremder Arbeitskräfte abgeändert werden können und auch dann dauerte es sehr lange, ehe sich die einheimische Bevölkerung an die neue Art der Arbeit gewöhnen liess.

Als der demnächst zu beschreibende Frischprocess, das Puddeln, sich allmälig Bahn brach, da hat man allerdings vielfach das Herdfrischen mit der besseren Qualität des erzeugten Products zu vertheidigen versucht und in der That ist nicht zu leugnen, dass das Eisen oder der Stahl in Folge des tropfenweisen Ansammelns auf dem Boden reiner und freier von Schlacke ausfällt, als beim Puddeln, dass das Product sich in Folge seines Erstarrens aus geschmolzenem Zustande freier zu krystallinischer Structur ausbildet, d. h. körniger wird, als bei jenem, und dass endlich bei der langen Zeit der Arbeit ein sehr vollständiges Aussai-

gern der noch eingeschlossenen Schlacke stattfinden kann [1]), mit anderen Worten, dass sich bei Anwendung eines reinen Materials ein besseres Product erzeugen lässt, als im Puddelofen. Aber das gepuddelte Product ist durch Nacharbeiten (Schweissen, Umschmelzen) auf fast denselben Grad der Güte zu bringen und einschliesslich dieser Nacharbeiten kommt es doch noch wesentlich billiger zu stehen, selbst wenn Holzkohlen nicht mangeln und Steinkohlen schwer oder gar nicht zu erlangen sind. Um so mehr aber hat der Herdfrischprocess dem Puddelprocesse weichen müssen, als es leichter ist durch den letzteren ein schlechtes, namentlich ein bei Koks erzeugtes unreines Roheisen noch zu einem brauchbaren Producte umzuwandeln. Der Herdfrischprocess hat sich demgemäss nur in verhältnissmässig abgelegenen, holzreichen Gegenden und dann überhaupt zur Erzeugung ganz besonderer Producte erhalten können. Zu den letzteren gehören die besten Werkzeugstahle, welche durch Umschmelzen von einem aus Herdfrischeisen erzeugten Cementstahl dargestellt werden [2]), ferner feine Kratzendrähte [3]) und schwache zur Weissblechfabrikation dienende Bleche [4]). Der Leser könnte hiernach wohl geneigt sein, eine so ausführliche Beschreibung, wie sie im Vorhergehenden gegeben ist, für überflüssig zu erachten, aber die Kenntniss der Vorgänge, welche sich im Frischfeuer so ausgezeichnet verfolgen lassen, ist zum Theil nothwendig zum richtigen Verständniss anderer Processe, zum Theil wünschenswerth, um nicht in Fehler zurückzufallen, welche bei den Herdfrischprocessen bereits überwunden worden sind [5]).

Zusammenhang mit anderen Processen. Die sämmtlichen beschriebenen Herdfrischarbeiten führen, obwohl so mannigfach in der Ausführung variirend, doch alle vermittelst der im Anfange geschilderten chemischen Vorgänge zu dem einen Ziele, der Entkohlung des Roheisens, und zwar wird stets diese Entkohlung durch die Oxydation des tropfenweis durch den Gebläsestrom fallenden Roheisens herbeigeführt, ein Vorgang, der durch wiederholtes Aufbrechen oder Emporheben des Eisens über den Windstrom so lange erneut wird, bis der richtige Grad der Entkohlung erreicht ist.

Niemals entkohlt aber hierbei der Sauerstoff der Luft direct, sondern immer nur vermittelst der Oxydationsstufen des Eisens, in Form von Garschlacke, Hammerschlag u. s. w., welche theils durch gleichzeitiges Niederschmelzen mit dem Eisen, theils durch selbstthätige Einwirkung

---

[1]) Gerade dieser Vortheil ist merkwürdiger Weise am wenigsten beachtet worden und nur wenige Frischmethoden haben daraus Nutzen gezogen. — [2]) So wird der aus schwedischem Herdfrischeisen erhaltene Cementstahl in Sheffield zu den besten Schneidwerkzeugen verarbeitet. — [3]) Zu ihrer Darstellung in Deutschland und England dient ebenfalls hauptsächlich schwedisches Holzkohlenfrischeisen. — [4]) Wie solche besonders in Südwales hergestellt werden. — [5]) So sind in neuerer Zeit häufig scheinbare Erfindungen gemacht worden, welche sich leicht als längst bekannte Vorgänge vom Frischfeuerbetriebe her nachweisen lassen.

auf dem Boden des Feuers, theils endlich durch künstliches Einrühren mit dem Kohlenstoff in innige Berührung gebracht werden.

Man hat wohl mehrfach die Behauptung aufgestellt, dass lediglich diese Schlacken den Frischprocess bewirkten, aber man hat dabei vergessen, dass dieselben Schlacken doch auch erst durch Oxydation des Roheisens entstanden sind und zwar durch directe Oxydation vermittelst des Luftsauerstoffs. An dieselben Vorgänge lassen sich fast alle anderen Erzeugungsmethoden von schmiedbarem Eisen anknüpfen. Lässt man die Luft gleichsam tropfenweis durch ein flüssiges Eisenbad steigen, statt die Eisentropfen durch das Luftbad fallen zu lassen, so giebt dies den Bessemerprocess. Das Einrühren der Schlacken in das auf dem Boden befindliche geschmolzene Eisen ist das Wesen des Puddelprocesses. bei welchem zudem der Schlackenboden gerade wie der Zerrenn- und Schweissboden der Stahlfrischarbeiten wirkt. Die Zusammenschmelzung eines fast entkohlten Eisens mit einem Roheisenbade (Sauer) führt zu den Flussstahlarbeiten, ebenso wie das Nachsetzen des Spiegeleisens in das mit mehr oder weniger entkohltem Eisen angefüllte Stahlfeuer.

Ist das Eisen hinreichend siliciumreich, und braucht man die gebildete Schlacke nicht wegen sonstiger nachtheiliger Bestandtheile abzuziehen, so genügt die bei der Oxydation gebildete Schlacke als Trägerin des entkohlenden Oxydoxyduls vollkommen. Zwar pflegt man, wie gezeigt wurde, bei den Frischprocessen immer Garschlacke zuzusetzen; da diese indessen stets von einem vorhergehenden Processe stammt, so liegt darin nur eine Zeitverschiebung der Anwendung. Es wird sogar fast immer eine gewisse Menge als Rohschlacke abgesetzter Schlacke für den Process entbehrlich. Nur bei stark gefeintem, d. h. seines Siliciumgehaltes ganz beraubtem oder bei an sich sehr siliciumarmem Eisen ist man genöthigt, fremde Schlacke zuzufügen, welche dann einen beständigen Kreislauf macht, bis sie durch mechanische Verluste aufgezehrt ist.

Soll die atmosphärische Luft ganz ausgeschlossen werden, so bleibt nur übrig, eine bereits oxydoxydulhaltige Schlacke oder aber Eisenoxyd und Eisenoxydoxydul (in Form von Erz, Glühspan u. s. w.) mit dem Roheisen zu schmelzen. Einen solchen Process werden wir später zur Erzeugung gewisser mit dem Namen Erzstahl belegter Stahlsorten kennen lernen und die Kortitschbildung ist im Wesentlichen die Grundlage hierfür. Mit den genannten Processen sind die Wege zur Weiterbildung des Herdfrischprocesses gegeben und es ist nicht ersichtlich, in welcher anderen Richtung etwa unter Beibehaltung der alten Apparate noch ein Fortschritt möglich wäre. Dasselbe gilt auch hinsichtlich des Brennmaterials.

Brennmaterial. Es ist gezeigt worden, wie die wesentlichsten Fortschritte bezüglich der Apparate durch Bedeckung der Herde und

Benutzung der Abhitze zum Vorglühen und Winderwärmen herbeigeführt sind. Das schwedische Lancashire-Feuer ist hiernach als der vollkommenste Frischherd anzusehen. Die Frage entsteht, ob sich noch weitere Verbesserungen dadurch erzielen lassen, dass an Stelle der theuren Holzkohlen ein anderes Brennmaterial benutzt werde.

Gedarrtes Holz ist ohne Aenderung des Frischfeuers 1838 zu Rübeland versuchsweise angewendet worden. Beim eigentlichen Frischen boten sich zwar keine besonderen Schwierigkeiten, aber das Einschmelzen (Feinen und Ausschmieden der Schirbeln) liess sich wegen zu geringer Temperatur der Gase nicht ausführen. Der Versuch wurde daher wieder aufgegeben [1]).

Ein Brennmaterialersparniss ist von der Anwendung des Holzes an Stelle der Holzkohlen nicht zu erwarten, vielmehr kann die dadurch herbeigeführte Temperaturherabminderung immer nur einen verzögernden Einfluss auf den Frischprocess ausüben.

Das Feinen im englischen Feuer zeigt, dass der erste Theil dieses Processes sich in Apparaten, welche entsprechend eingerichtet sind, in der That bei Koks ausführen lässt. Wenn aber der weitere Verlauf des Processes nicht ebenso bei diesem Brennmaterial durchführbar ist, so beruht dies darauf, dass dabei nicht mehr ein vollkommen flüssiges Product, wie das gefeinte Eisen, erhalten wird, sondern nur ein teigiges. Eine Einmengung der schwer verbrennlichen Koks ist hierbei nicht zu vermeiden und daher haben alle Versuche dieselben zu verwerthen keinen Erfolg gehabt. Es ist anzunehmen, dass in einem teigigen Gemisch von kohlenstoffhaltigem Eisen, eisenoxydoxydulhaltiger Schlacke und Koks die letzteren auf Kosten des Sauerstoffgehalts der Schlacke verbrennen und daher die Entkohlung des Eisens verhindern.

Derselbe Grund verhindert die Anwendung von Anthrazit, während die eigentlichen flammengebenden Materialien, wie rohes Holz, Flammsteinkohle, Braunkohle und Torf, naturgemäss auf die Benutzung eines Flammofens, also auf das Puddeln hinweisen.

Oxydationsverfahren. Es ist noch zu entscheiden, ob es vortheilhafter sein würde, das Roheisen bei beliebigem Brennmaterial zu schmelzen und das flüssige Metall entweder durch den Einfluss der atmosphärischen Luft indirect, oder durch Einwirkung von fertig gebildeten Eisenoxyden (Garschlacke, Hammerschlag, Eisenerz) direct zu entkohlen, ohne im Uebrigen den Vorgang des Herdfrischens zu verändern.

Folgende Möglichkeiten zur praktischen Ausführung bieten sich hierfür dar:

Das geschmolzene Roheisen fällt in Tropfenform durch einen mit atmosphärischer Luft im gewöhnlichen oder gepressten und erhitzten

---

[1]) Bergwerksfreund I, 357.

Zustande gefüllten Raum. Bedenkt man, dass ein graues Roheisen bei einem dreimaligen, durch die zwischenliegenden Kohlen wesentlich verlangsamten Niedertropfen im Frischherde nicht entkohlt werden würde, wenn nicht die Garschlacken auf dem Boden diesem Processe zu Hülfe kämen, so lässt sich leicht ersehen, dass um dasselbe Ziel beim freien Fall durch die Luft zu erreichen, ein Thurm von ungeheurer Höhe erforderlich und dass dann wieder eine Abkühlung unvermeidlich sein würde, welche überhaupt kaum, günstigsten Falls aber nur mit grossem Brennmaterialaufwande durch Erhitzung der Luft auszugleichen wäre [1]. Wollte man die für den freien Fall erforderliche Höhe dadurch vermindern, dass man die Eisentropfen durch Hindernisse aufhielte, also den freien Fall nur in Intervallen gestattete, wie dies z. B. beim Rösten von Schwefelkiesen etc. im Gerstenhöfer'schen Ofen geschieht, so dürfte, selbst wenn der Wärmeverlust durch Ausstrahlung, Leitung der Ofenwände etc. nicht zu gross ausfiele, die Möglichkeit nicht vorliegen, ein für die Hemmnisse geeignetes Material zu finden. Thon würde sehr bald durch Verschlackung, Kohle durch Verbrennung zerstört werden. Hohle und gekühlte eiserne, mit einer Decke von sehr garer Schlacke umgebene Balken könnten noch am ehesten dem Zwecke entsprechen.

Die schon 1761 von Wood, später von Rostaing vorgeschlagenen Granulationsmethoden (siehe Seite 22) erforderten stets ein nachfolgendes Schmelzen mit Oxyden zur Entkohlung des Eisens, um Stahl erzeugen zu können. Es ist nicht einmal nachgewiesen, ob sich Silicium durch die Einwirkung der Luft dabei oxydirt habe.

Dasselbe gilt von der Methode Lamy's, welcher das flüssige Roheisen durch eine Turbine zertheilen, dann mit Gebläseluft und überhitztem Wasserdampf feinen und endlich mit Schlacken vermischen und frischen wollte, oder der Wilson's, welcher das direct aus Erzen erzeugte Eisen durch einen diaphragmaähnlich durchbrochenen Boden in eine darunter liegende Kammer fallen lassen wollte, welche mit heissen Gasen erfüllt war [2].

Da es also nicht gelingt, die Eisentropfen in zweckentsprechender Weise durch eine Luftsäule fallen zu lassen, so muss umgekehrt die Luft durch das Eisenbad getrieben werden und das ist der Bessemerprocess [3].

---

[1] Vergl. den S. 23 beschriebenen Apparat von Peters, welcher durch eine solche Methode zwar nicht das vollständige Frischen, wohl aber eine Feinung des Eisens bezweckt (Revue universelle, T. 28, p. 462). — [2] Kerpely, Fortschritte 1864, S. 204. — [3] Diese Umkehrung des Verfahrens liegt scheinbar so nahe, und doch ist sie erst so spät angewendet worden. Viele mögen den Gedanken gehabt haben, aber erst Bessemer brachte ihn zur praktischen Ausführbarkeit und Ausführung, indem er die richtigen Mittel zu seiner Verwirklichung erfand. Darauf gründen sich überhaupt alle grossen und weittragenden Erfindungen, dass das zu einem Fortschritte an einer bestimmten Stelle bereits erkannte Bedürfniss durch die richtigen Mittel befriedigt wird. Die Mehrzahl der gewerbmässigen Erfinder und Patentjäger beabsichtigt

Die hierbei durch die Oxydation von Eisen und Silicium erzeugte Wärme geht nicht wie im umgekehrten Falle verloren, sondern theilt sich dem Eisenbade mit, welches dadurch eine so hohe Temperatur erlangt, dass ohne Zuhülfenahme fremden Brennmaterials der Frischprocess durchgeführt und ein flüssiges Endproduct erhalten werden kann.

Man wird sonach zu dem Schlusse kommen müssen, dass der Herdfrischprocess einer weiteren wesentlichen Ausbildung nicht fähig ist, aber man wird die an ihm gewonnenen Erfahrungen sehr wohl zur Verbesserung der übrigen für die Erzeugung von Stahl und Schmiedeisen benutzten Processe verwerthen können.

Herdfrischschlacken.

Die Herdfrischschlacken zerfallen in Rohschlacken und Garschlacken. Erstere werden auch arme (*poor*), letztere reiche (*rich*) Schlacken genannt und es soll durch diese Benennungen der niedrige oder hohe Gehalt an Eisen im Gegensatz zur Kieselsäure bezeichnet werden.

Rohschlacken.

Die Rohschlacken bilden sich in der ersten Periode des Frischens, zeichnen sich durch Dünnflüssigkeit, schnelles Erstarren und das Bestreben zu krystallisiren aus und entsprechen im Allgemeinen der Zusammensetzung eines Singulosilicats, d. h. der Formel $Fe_2 Si O_4$ oder $2 Fe O, Si O_2$ [1]), worin Eisen in engen Grenzen durch Mangan, Calcium und Magnesium vertreten sein kann. Calcium sowohl wie Magnesium, mit Sauerstoff zu Kalk beziehungsweise Magnesia verbunden gedacht, nehmen selten über 2 Proc. in Anspruch. Phosphor findet sich meist, ja man darf wohl annehmen immer vor, wenn auch nicht alle Analysen ihn anführen.

Aus 17 von Lindauer [2]) aufgeführten Rohschlackenanalysen ergiebt sich als mittlerer Gehalt an Eisenoxydul 60, an Kieselsäure 30 Proc. [3]). Manganoxydul ist von 0 bis 6·7 Proc., Kalkerde von 0 bis 3 Proc., Magnesia von 0 bis 2·4 Proc., Thonerde von 0 bis 7·4 Proc. nachgewiesen. Eisenoxyd wird in zwei dieser Analysen in den Verhält-

---

eben nur zu erfinden, ohne vorher das Bedürfniss erkannt und ohne durch hinreichendes Studium sich über das Vorhandene orientirt zu haben. Deshalb geht es ihnen wie den Alchymisten: Neun Hundert neun und neunzig verschwenden umsonst ihre geistigen Fähigkeiten, während einer aus Zufall auch wohl einmal eine gute Entdeckung macht. — [1]) $3 Fe O, Si O^3$ nach älteren Annahmen über die Zusammensetzung der Kieselsäure. — [2]) Lindauer, Compendium 1861, p. 284 u. f. — [3]) Dies entspricht dem Sauerstoffverhältniss von 13·3 : 15·6.

nissen von 2·25 und 1·04 Proc. angegeben, Kali erscheint in zwei Analysen zu 0·29 und 0·21 Proc., Phosphorsäure ebenso zu 16·5 und 5·22 Proc.

Nach Lindauer liegt die Zusammensetzung aller Herdfrischschlacken zwischen:

$$Fe_2SiO_4 \quad \text{und} \quad Fe_2SiO_4 + Fe_4Si_3O_{10}$$

$$\text{oder } 2FeO, SiO_2 \text{ und } 2FeO, SiO_2 + 4FeO, 3SiO_2$$ [1]).

Derselbe Autor nimmt an, dass die Kieselsäure des letzten Theils der zweiten Formel zum Theil durch Eisenoxyd (FeO_3) ersetzt sein könne, und dass beim Einschmelzen zuvörderst die erste Schlacke, das Singulosilicat, entstehe, welche später in die zweite übergehe, und die Zusammensetzung erlangen könne:

$$Fe_2(Si, Fe)O_4 + Fe_4(Si_3Fe_3)O_{10}$$

$$\text{oder } 2FeO(SiO_2, Fe_2O_3) + 4FeO, 3(SiO_2, Fe_2O_3)$$ [2]).

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass Lindauer in den Fehler vieler anderer Metallurgen verfallen ist, Mischungen den Charakter chemischer Verbindungen beizulegen. Schon die Vertretung der Kieselsäure durch Eisenoxyd ist eine durchaus unwahrscheinliche Annahme; aber man kann noch weiter gehen und behaupten, dass das Oxyd in solchen Schlacken lediglich als Oxydoxydul im flüssigen Zustande gelöst, im erstarrten mechanisch beigemengt vorhanden sei, wenn nicht eine nachträgliche Oxydation stattgefunden hat.

Nachstehend sind einige von Kerl [3]) mitgetheilte Analysen zusammengestellt:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	32·4	32·35	32·4	28·0	17·2
Eisenoxydul *)	60·2	62·04	57 3	61·2	61·3
Manganoxydul	2.4	2·65	4·5	6·7	0·5
Magnesia	1·0	1·41 **)	—	2·4	0·1
Kalkerde	0·9	—	2·8	0·9	2·7
Thonerde	2·0	—	3·0	0·2 ***)	0·2 †)

*) Ausserdem 0·29 Proc. Kali. — **) Ausserdem Spur Kali. — ***) Daneben 2·25 Proc. Eisenoxyd. — †) Ausserdem Spur Kali und 16·5 Proc. Phosphorsäure.

No. I. von Silbernaaler Frischhütte bei Clausthal, schön krystallisirt, analysirt von Metzger; No. II. von Gittelder Hütte am Harze, ebenfalls schön krystallisirt (dem Hyalosiderit ähnlich), nach Walchner. No. III. von Mägdesprung am Harze, nach Wigand. No. IV. von Rybnick in Oberschlesien, nach Karsten. No. V. von Torgelow, stammt von Verfrischen eines phosphorhaltigen Roheisens, nach Berthier.

Da in einem einfachen Singulosilicat das Verhältniss von Kieselsäure zu Eisenoxydul wie 29·4 : 70·6 sein müsste, so ist mit Ausnahme von IV. und V. überall ein Ueberschuss an Kieselsäure vorhanden, d. h. mit

[1]) $3FeO, SiO_3$ und $3FeO, SiO^3 + 3(2FeO, SiO^3)$. — [2]) $3FeO(SiO^3, Fe^2O^3) + 3[2FeO(SiO^3, Fe^2O^3)]$. — [3]) Hüttenkunde I, S. 868.

anderen Worten die Schlacke ist noch roher [1]) als eine Singulosilicatschlacke. In No. IV. und V. muss man dagegen einen Oxydgehalt vermuthen, welcher von den Analytikern nicht bestimmt oder übersehen sein mag.

Rammelsberg [2]) führt sieben Rohschlacken vom Frischen an, in denen das Sauerstoffverhältniss der Basen zu dem der Kieselsäure folgendes ist: 15·21 : 16·62; 15·00 : 17·25; 15·65 : 16·28; 15·69 : 15·58; 15·58 : 15·65; 15·43 : 16·27; 16·06 : 16·78, also ebenfalls in den meisten Fällen einem höheren Gehalt an Kieselsäure entspricht.

Die zwei folgenden Analysen sind in Rammelsberg's Laboratorium unter besonderer Berücksichtigung des Eisenoxydgehalts ausgeführt worden:

	VI.	VII.
Kieselsäure	30·50	31·47
Eisenoxyd	4·57	7·72
Eisenoxydul	48·32	44·34
Manganoxydul	7·21	9·13
Kalk	4·82	4·02
Magnesia	4·20	3·58
	99·62	100·26
Gesammtmenge des Eisens als Oxydul berechnet	52·43	51·29
Sauerstoffverhältniss [3])	15·43 : 16·27	16·06 : 16·78

Hiernach kann, da die Menge der Kieselsäure noch das Verhältniss eines Singulosilicates unter der Annahme, dass das Eisenoxyd mit Eisenoxydul verbunden und mechanisch beigemengt gedacht wird, weit überschreitet, nur angenommen werden, dass das ursprünglich vorhanden gewesene Oxydul sich zu Oxyd oder Oxydoxydul höher oxydirt habe, ein durch allmälige Abkühlung an der Luft oder nachträgliche Erhitzung unter Luftzutritt sehr wohl denkbarer Fall [4]).

Es scheint, dass die dunkle Färbung immer von einem Gehalt an freiem Eisenoxyd oder Eisenoxydoxydul herrührt, da nach Rammelsberg [5]) alle diese Schlacken im reinen Zustande des Singulosilicats, wie es sich in den oft vorzüglich ausgebildeten olivinähnlichen Krystallen zeigt, nur braun mit einem Stich ins Gelbe sind. Das specif. Gewicht dieser Krystalle ist 3·728; eine andere krystallisirte Probe fand Rammelsberg allerdings auch zu 4·196. Von Chlorwasserstoffsäure werden diese Schlacken leicht und vollständig, unter Abscheidung der Kieselsäure in Gallertform gelöst.

Die Krystallform beschreibt Rammelsberg als die eines sogenannten Rectangulär-(Oblong-) Octaeders, d. h. eines verticalen rhombischen

[1]) So ist z. B. in No. II. das Sauerstoffverhältniss statt = 1 : 1, 15 : 17·25. — [2]) Chemische Metallurgie 1865, S. 168. — [3]) Verhältniss des Sauerstoffs der Basen unter Voraussetzung sämmtlichen Eisens als Oxyduls zum Sauerstoff der Kieselsäure. — [4]) Vergl. Abth. II, S. 575. — [5]) Loc. cit.

Prismas von nahe $130^1/_2$ Grad und einer auf dessen scharfe Kanten aufgesetzten Zuschärfung mit einem Zuschärfungswinkel von $81^1/_2$ Grad. Sehr häufig gesellt sich die Abstumpfung jener scharfen Kanten hinzu, ja diese Abstumpfungsflächen dehnen sich wohl so aus, dass die Krystalle dadurch tafelartig werden. Uebrigens kommen auch noch complicirtere Formen durch Hinzutreten mehrerer Flächenpaare vor.

Garschlacken.

Die Garschlacken enthalten neben kieselsaurem Eisenoxydul nur gelegentlich geringe Mengen Mangan, Kalk, Magnesia und Thonerde, Kali, Natron und Phosphorsäure, dagegen meist Eisenoxydoxydul.

Sie fliessen träger als die Rohschlacken, erstarren langsamer und zeigen keine Neigung zum Krystallisiren. Ihre Farbe ist schwarz, oft mit einem grauen Schein.

Aus 20 von Lindauer [1]) angegebenen Analysen ergiebt sich Eisenoxydul von 54 bis 85·5 Proc., im Mittel 73·7 Proc., Kieselsäure 5·6 Proc. bis 21·4 Proc., Manganoxydul 0 bis 11·43 Proc., Kalk 0 bis 7·36 Proc., Magnesia 0 bis 3·5 Proc., Thonerde 0 bis 3·5 Proc., Eisenoxyd 0 bis 16·18 Proc., Kali (nur bei fünf Analysen nachgewiesen) 0 bis 3·7 Proc., Natron (in drei Analysen) 0·43 bis 0·57, Phosphorsäure (in 7 Analysen) 0·11 bis 4·70 Proc.

Lindauer nimmt als Typus für die Zusammensetzung dieser Schlacken die Formel an:

$Fe_4\,Si\,O_6$ und $3\,(Fe_4\,Si_3\,O_{10}) + 24\,(Fe_4\,Si\,O_6) + 4\,(Fe\,Fe\,O_4)$

oder

$4\,Fe\,O, Si\,O_2$ und $3\,(4\,Fe\,O, 3\,Si\,O_2) + 24\,(4\,Fe\,O, Si\,O_2) + 4\,(Fe\,O, Fe_2\,O_3)$ [2]).

Aus den früher angeführten Versuchen lässt sich mit Sicherheit schliessen, dass es keine chemische Verbindung von Kieselsäure und Eisenoxydul giebt, welcher die Formel $Fe_4\,Si\,O_6$ zukommt. Man wird daher bei den Garschlacken mit noch grösserem Rechte als bei den Rohschlacken annehmen können, dass das Oxyd in Form von Oxydoxydul mit einem Singulosilicat gemischt sei und dass daher den Garschlacken die Formel zukommt:

$$Fe_2\,Si\,O_4 + n\,Fe\,Fe\,O_4,$$

worin n sehr variabel ist, weil eben nur eine mechanische wenn auch innige Mischung stattfindet.

Rammelsberg hat das Sauerstoffverhältniss in einigen solchen Schlacken, wobei Kalk und Magnesia als Stellvertreter von Eisenoxydul angenommen sind, folgendermaassen gefunden:

---

[1]) Compendium 1861.

[2]) $6\,Fe\,O, Si\,O_3$ und $3\,(2\,Fe\,O, Si\,O_3) + 8\,(6\,Fe\,O, Si\,O_3) + 2\,(Fe\,O, Fe_2\,O_3)$.

1. Verhältniss des Sauerstoffs vom Oxydul zum Oxyd zur Kieselsäure:

16·35	1·8	11·20
16·11	1·84	9·61 [1]
15·64	4·48	8·13 [2]
16·52	2·44	8·75

2. Verhältniss des Sauerstoffs der Summe von Oxydul und Oxyd zur Kieselsäure:
1 : 0·62
1 : 0·54
1 : 0·40
1 : 0·46

Dass das Oxyd in diesen Schlacken nicht in chemischer Verbindung angenommen werden darf, ergiebt die amorphe Beschaffenheit; es wird indessen nur dann, wenn die zu untersuchenden Schlacken mit Vorsicht aufgefangen werden und unter Luftabschluss erkalten, möglich sein zu bestimmen, ob das vorhandene Oxyd ursprünglich in Verbindung mit Oxydul vorhanden gewesen oder erst später durch Oxydation entstanden sei.

Die folgenden beiden Analysen betreffen zwei von Steinbeck im Laboratorium von Rammelsberg untersuchte Garschlacken von Silbernaaler Hütte bei Clausthal, von denen die erste etwas früher als die zweite fiel [3]).

	a.	b.
Kieselsäure	17·60	14·18
Thonerde	0·47	1·23
Eisenoxyd	6·14	14·93
Eisenoxydul	67·71	65·06
Manganoxydul	5·09	4·78
Kalk	0·89	1·28
Magnesia	0·86	—
Schwefel	0·25	0·13
Phosphorsäure	2·32	0·62

Auffallend ist in a. der hohe Phosphorgehalt, welcher mehr an eine Rohschlacke erinnert.

Der Zusammenhang der Schlackenbildung mit der Entkohlung.

Den Zusammenhang der Schlackenbildung mit dem Verlauf des Frischens hat Botischew an uralischem Eisen untersucht [4]).

---

[1]) Die weiter unten mitgetheilte Schlacke a. — [2]) Desgl. Schlacke b. — [3]) Rammelsberg, chem. Metallurgie S. 171. — [4]) Rammelsberg, op. cit. S. 170 und 178.

Er fand folgende Resultate:

a. Das Eisen.

	Roheisen	Nach								Nach 140 Minuten (fertige Luppe)	Schirbeln	Stäbe
		15	45	60	75	90	105	115	135			
		Minuten										
Grafit . .	5·68	3·00	2·69	2·44	1·60	0.8	0·30	0·25	—	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff . .	0·85	1.36	1·26	1·23	1·00	0·9	0·69	0·50	0·34	0·18	0·17	0·15
Kiesel . .	0·41	0·50	0·38	0·36	0·26	0·2	0·18	0·13	0·08	0·06	0·05	0·04
Mangan .	0·17	0·16	0.11	0·09	0·04	—	—	—	—	—	—	—

b. Die Schlacke.

	Nach 30 Minuten		Nach 60 Minuten	Beim Zängen der Luppe
	vom Formzacken	vom Gichtzacken		
Kieselsäure	15·70	7·81	7·66	3·10
Thonerde	6·35	0·68	4·86	0·73
Eisen [1])	55·57	67·83	65·80	71·62
Manganoxydul	2·04	1·44	1 48	0·41
Kalk	1·22	0·53	0·70	0·23

Die Abnahme des Grafits im Eisen ist sehr langsam vonstatten gegangen, die Entfernung des Siliciums und Mangans im Allgemeinen den früher angeführten Grundsätzen entsprechend; indessen ist es auffallend, dass sich bis zuletzt geringe Mengen vorfinden und lässt die Vermuthung zu, dass eingeschlossene Schlackentheilchen mit analysirt worden seien.

Die Schlacken geben wegen der mangelnden Oxydbestimmung kein gutes Bild, obwohl die Abnahme der Kieselsäure und die Zunahme des

[1]) Das Eisen wird nur als Oxydul angegeben, weil der Analytiker unterlassen hatte, das Oxyd zu bestimmen.

Eisens deutlich zu ersehen ist. Die letzte Schlacke ist beinahe reines Eisenoxydoxydul.

Lan's Analysen.

Im Anfang des Jahres 1859 veröffentlichte Professor Lan zu Saint-Etienne einen Aufsatz über die Umwandlung von Roheisen in Stahl und Schmiedeisen im Rivois-Holzkohlenherde[1]).

Lan untersuchte zuvörderst vier Arten Roheisen, welche durch den Rivois-Frischprocess behandelt wurden, und deren zwei aus Savoyen, zwei aus der Dauphiné stammten; die Analysen ergaben:

	I.	II.	III.	IV.
Kohlenstoff . .	5·17	6·00	4·85	4·80
Silicium	0·88	2·00	1·70	1·44
Mangan	3·40	3·00	2·52	2·41
Schwefel	Spuren	0·48	0·50	0·17
Kupfer	Spuren	0·10 bis 0·15	0·05 bis 0·10	0·05 bis 0·10

Nr. I. war dunkelgraues, heiss erblasenes Roheisen (Nr. 1) mit grossen, freien, glänzenden graphitischen Körnern,

Nr. II. ein graues Roheisen (Nr. 2) von dichterem Korn und weniger Grafitgehalt,

Nr. III. ein halbirtes Roheisen,

Nr. IV. ein weisses, blättriges Roheisen mit grossen Krystallflächen.

Der Kohlenstoffgehalt in Nr. II. ist sehr hoch und Lan giebt als Erklärung dafür an, dass das der Analyse unterworfene Stück zweifelsohne einige Grafitnester enthielt.

Die durchschnittliche Zusammensetzung eines Roheisensatzes war:

	Proc.
Kohlenstoff	5·23
Silicium	1·57
Mangan	2·73
Schwefel	0·30
Kupfer	0·05 bis 0·10

Proben wurden aus dem Herde in auf einander folgenden Perioden genommen und zwar die erste unmittelbar nach dem Einschmelzen des Roheisens. Die procentale Zusammensetzung dieser Proben ergaben die Analysen wie folgt:

[1]) Ann. des Mines, 5. s. 15. 1re Livraison, p. 85. Etudes sur les Réactions de l'Affinage des Fontes pour Acier ou pour Fer. Par M. Lan, ingénieur des mines, professeur de métallurgie à l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne. Vergl. auch Seite 91.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kohlenstoff	5·65	4·25	5·60	5·04	3·36
Silicium . .	1·50	0·48	0·60	0·85	0·60
Mangan . .	2·55	nicht bestimmt	0·36	2·51	nicht bestimmt
Schwefel .	0·25	0·11	0·13	0·19	0·17
Kupfer . .	0·05 bis 0·10	0·15 bis 0·10	0·15 bis 0·10	0·10	0·05

Unmittelbar nach dem Einschmelzen hatte das Roheisen 0·42 Proc. mehr Kohlenstoff und 0·07 Proc. Silicium weniger als vorher. Hierin liegt nichts Auffallendes. Dagegen ist merkwürdig das Resultat unter III. verglichen mit dem unter II.; denn hier ist der relative Kohlenstoffgehalt um 1·35 Proc. gestiegen, auch enthält Nr. III. 0·12 Proc. Silicium mehr als Nr. II. Als Erklärung hierfür giebt Lan an, dass der Löffel, mit welchem die Probe Nr. III. genommen wurde, wohl etwas weniger tief in das geschmolzene Eisen eingetaucht haben mag, als bei der Entnahme von Nr. II., denn „die Analyse von Nr. IV. zeige, dass bei einer geringen Tiefe unter der Oberfläche das Roheisenbad ziemlich von gleicher Zusammensetzung geblieben sei, wie nach der ersten Schmelzung.“ Lan bezeichnet diese Differenzen als unbedeutend (*petits écarts*), aber mit Recht bemerkt Percy bei seiner Discussion derselben, dass sie ihm als sehr beträchtlich erschienen, und dass, wenn derartige Unterschiede hervorgerufen sein könnten, durch mehr oder minder tiefes Eintauchen des Löffels in das Eisenbad dies genügen müsse, um unser Vertrauen in den Werth der erlangten analytischen Resultate wesentlich zu erschüttern.

Benutzung der Herdfrischschlacken.

Die Garschlacken vom Herdfrischen werden stets wieder für den Process selbst verwerthet. Man nimmt zuvörderst die eisenoxydoxydulreichsten vom Ende des Processes und dem Zängen der Deule, also Hammerschlag, Schwal und Garschlacke, was um so nöthiger ist, als namentlich die be. on letzteren oft eine Menge metallisches Eisen mechanisch eingeschlossen enthalten, nicht selten über 20 Proc. davon [1]). Bleiben dann noch Garschlacken übrig, was nur bei schlecht geleiteten Herdfrischprocessen vorkommt, so verarbeitet man diese zuweilen für sich zu Kortitsch in der Seite 44 beschriebenen Weise unter Benutzung

---

[1]) Dies ist bei Analysen zu berücksichtigen. Uebrigens ist eine Trennung dieser Eisentheile durch den Magneten nicht zulässig, da die Schlacke selbst in Folge des beigemengten Eisenoxydoxyduls gleichfalls vom Magneten angezogen wird.

besonderer Herde. Das so hergestellte Gemenge von Roheisen und Schlacke verschmilzt man der Regel nach in denselben Feuern. Der Brennmaterialaufwand hierbei ist sehr bedeutend, nach Tunner [1]) 2·82 cbm für 100 Kg daraus erzeugten Stabeisens. Man hat aus diesem Grunde zu demselben Zwecke wohl auch niedrige Schachtöfen verwendet, wird aber jedenfalls bessere Resultate durch Verschmelzung im Hochofen finden.

Die Rohschlacken gab man früher stets auf die Halde; jedoch suchen jetzt die Hochöfen solche alte Halden mit Vorliebe auf und gewinnen daraus Roheisen, ein Verfahren, welches namentlich da mit ökonomischem Erfolge ausführbar ist, wo dichtliegende Erze eine Auflockerung durch die eingemengte Schlacke erfahren können.

[1]) Stabeisen- und Stahlbereitung II, Seite 218.

C. Das Puddeln.

Das Puddeln beruht auf der Entkohlung des im Herde eines Flammofens eingeschmolzenen Roheisens durch die atmosphärische Luft, deren Zutritt zum Eisen durch mechanische Arbeit herbeigeführt wird. Diese mechanische Arbeit geschieht der Regel nach durch Rühren (*puddling*) vermittelst einer von Hand bewegten Krücke. Seltener wird die Krücke durch maschinelle Vorrichtungen geführt oder das Rühren durch Rotation des Ofenherdes ersetzt. Man unterscheidet hiernach Handpuddeln, Maschinenpuddeln und Drehpuddeln. In allen Fällen verläuft der chemische Process in gleicher Art und in derselben Reihenfolge der Vorgänge, welche Seite 9 u. f. geschildert sind. In den meisten Fällen wird das Roheisen im festen Aggregatzustande in den Ofen gebracht und dort eingeschmolzen, selten im flüssigen Aggregatzustande eingesetzt. Der Process verläuft in ununterbrochener Arbeit; die drei Perioden des Feinens, Rohfrischens und Garfrischens gehen daher in einander über, so dass man nicht die scharfen Grenzen beobachten kann wie beim Herdfrischen, wo die einzelnen Perioden durch die Auf- und Durchbrecharbeiten der Regel nach scharf bezeichnet werden. Im Uebrigen entspricht das Puddeln von Schmiedeisen aus grauem Roheisen der Dreimalschmelzerei, das Puddeln von Schmiedeisen aus gefeintem Roheisen der Zweimalschmelzerei. Eine der Einmalschmelzerei analoge Frischarbeit bildet zwar die ursprüngliche Methode, sie ist aber nur mit einem sehr reinen, garschmelzigen Roheisen ausführbar und findet gegenwärtig kaum noch Anwendung. Beim Stahlpuddeln kommt nur die der Zweimalschmelzerei entsprechende Arbeit zur Anwendung und es fehlt eine der Einmalschmelzerei analoge Methode.

Da bei allen Methoden, welche der Zwei- und Dreimalschmelzerei entsprechen, eine reichliche Menge Schlacke angewendet wird, so nennt man sie auch im Gegensatz zu der mit der Einmalschmelzerei übereinstimmenden, welche Trockenpuddeln heisst, fettes, nasses oder Schlackenpuddeln, auch Kochpuddeln oder Kochfrischen, weil die Erscheinung des Aufkochens sehr deutlich auftritt.

1. Das Handpuddeln.

Geschichte des Puddelns.

Zur Erfindung des Puddelns, bei welchem Brennmaterial und Eisen getrennt sind, hat der Mangel an Holzkohle und die Unmöglichkeit, im Frischherde fossiles Brennmaterial anzuwenden, zuerst in England geführt. In der Entbehrlichkeit des beim Herde nöthigen Gebläses ist ein weiterer Vortheil des Processes bei seinem Entstehen erblickt worden.

Die Erfindung wird Henry Cort zugeschrieben, welcher darauf 1784 [1]) ein Patent nahm.

Die Specification desselben lautete wie folgt [2]):

„Zur Bereitung, Darstellung und Verarbeitung von Eisen aus Erz sowohl als aus Roheisen und jeder anderen Sorte Gusseisen (mit oder ohne Brocken-, Schlackeneisen [3]) und Schmiedeisenabfall) gebrauche ich einen Flammofen oder Zugofen von geeigneten Dimensionen für die Menge des zu verarbeitenden Eisens, dessen Boden hohl oder schüsselförmig angelegt ist, um das Metall im flüssigen Zustande zu halten. Mein Ofen wird zuvörderst auf einen geeigneten Hitzegrad durch Verbrennung roher Steinkohlen oder anderer Brennmaterialien gebracht, worauf das flüssige Metall in den Ofen mit Hülfe von Löffeln oder auf andere Art gelangt. Wird der Ofen mit — festem — Roheisen oder anderen Arten von Gusseisen besetzt, so müssen die Thür oder die Thüren des Ofens geschlossen bleiben, bis das Metall hinreichend geschmolzen ist und der Arbeiter (durch ein gelegentlich geöffnetes Loch) bemerkt, dass die Hitze das Metall hinreichend erweicht hat; dann öffnet er eine oder mehrere kleine Oeffnungen, welche ich am zweckmässigsten am unteren Rande der Thüren angelegt habe und die bis dahin gleichfalls geschlossen gehalten wurden, und bearbeitet und bewegt die ganze Masse durch diese Oeffnungen vermittelst entsprechend gestalteter eiserner Stangen bis zum Schlusse des Processes."

„Hat sich das Metall einige Zeit hindurch im flüssigen Zustande befunden, so zeigt sich ein Aufkochen und Aufblähen, während dessen eine blaue Flamme entweicht. Im weiteren Verlaufe des Processes wird mit der Arbeit des Umkrahlens, Trennens, Rührens und Ausbreitens fortgefahren, bis das Ganze seine Flüssigkeit verliert, aufblüht und gart [4]). Diese Arbeiten bleiben sich gleich, sei es dass das Eisen im Ofen geschmolzen oder im geschmolzenen Zustande eingesetzt wird. Ist das Eisen hinreichend gar, so wird es in Klumpen geballt, die man Luppen [5])

---

[1]) Manufacture of Iron, A. D. 1784, Nr. 1420. — [2]) Percy, Iron, p. 627. — [3]) Wascheisen, siehe Abtheilung II, S. 750. — [4]) Till it loses its fusibility, and is flourished or brought into nature. Das englische *to bring into nature* entspricht unserem Garmachen, *to come into nature* unserem Garwerden oder Garen. — [5]) *Loops*, jetzt *balls*.

nennt und die eine ihrem Zwecke entsprechende Grösse haben. Sie werden, nachdem alle etwa vorhandenen kleinen Brocken fortgeschafft sind, aus dem Ofen genommen. Es hat sich als vortheilhaft erwiesen, die erwähnten kleinen Brocken, ebenso wie Bruch- und Wascheisen, Blechabschnitte und anderes schwaches Eisen, kurz allen Schmiedeisenabfall dadurch zu verwerthen, dass man derartiges Material in den Ofen wirft, während das Eisen darin gart und ehe es zu Luppen geformt wird."

„Das Ganze der angegebenen Methode, welche an Stelle des Frischfeuers tritt, ist meine Erfindung und ward nie zuvor von irgend Jemandem benutzt oder ausgeführt."

Im Folgenden führt nun Cort ebenfalls als seine Erfindung die Weiterbehandlung der Luppen in demselben oder einem anderen Flammofen behufs der Schweissung und der Verarbeitung an, Bezug nehmend auf sein schon 1783 genommenes Patent auf kalibrirte Walzen [1]), welche er an Stelle der Hammerarbeit einführte [2]).

Er fährt in der Patentbeschreibung dann fort:

„Eisen und Stahl, welche so durch die wirksame Anwendung von Feuer und Maschinerie hergestellt und ausgearbeitet sind, finden sich frei von Unreinigkeiten und fremden Substanzen, welche den auf gewöhnliche Weise [3]) hergestellten Producten anhängen. Der Stahl ist von ausgezeichneter Qualität und das Eisen zeigt sich als gutes zähes Product in allen Formen, stark und schwach, und in allen Sorten Handelseisen, auch wenn es aus Roth- oder Kaltbruch gebendem Metall dargestellt ist . . . . ."

„Die Gesammtheit dieser Entdeckung und Erfindung wird hervorgerufen durch eine wirksamere Anwendung von Feuer und Maschinerie als bisher, in einer Weise, welche gänzlich neu und entgegen allen überlieferten Meinungen der Eisenhüttenleute ist. Meine ganze Methode lässt sich ohne Frischfeuer, Holzkohle, Koks, Schweiss- oder Hohlfeuer, ohne Gebläse und ohne Flusszuschlag (*fluxes*) ausführen."

Man sieht hieraus, dass Cort im Ganzen den Puddelprocess so einrichtete, wie er noch heutigen Tages ausgeführt wird, und dass er die dabei auftretenden Erscheinungen sehr gründlich studirt hatte, dass er sowohl Stahl als Eisen zu puddeln verstand und dass er vielleicht nur in Bezug auf die Qualität etwas zu sanguinische Hoffnungen hegte, ein leicht verzeihlicher Irrthum für einen Erfinder. Cort muss daher als einer der hervorragenden Männer bezeichnet werden, welche die Processe des Eisenhüttenwesens auf den gegenwärtigen Stand der Vollkommenheit brachten, und doch hat er — wie so Viele — keinen Dank von seiner Erfindung geerntet; er starb in Armuth [4]) obwohl er den Grund zu dem Reichthum so vieler Eisenhüttenbesitzer gelegt hatte.

[1]) Grooved rolls. — [2]) Preparing, Welding and Working Iron. A. D. 1783, Nr. 1351. — [3]) Durch den Herdfrischprocess. — [4]) Percy, Iron, p. 629. Derselbe führt die Einzelnheiten des von den Nachkommen Cort's geführten Processes theils auf Grund des „Statement of the Claims of the Surviving

Cort ging ausgedehnte Contracte über Lieferung von gewalztem Eisen mit der englischen Admiralität ein und opferte sein ganzes Vermögen — angeblich 20 000 Pfd. Sterl. — um seine Processe zum Ziele zu führen. Da dies indessen nicht ausreichte, liess er sich von dem Rendanten der Behörde, Adam Jellicoe, weitere 27 000 Pfd. Sterl. vorschiessen, gab ihm als Sicherheit ein Anrecht an sein Patent und die Zusage der Hälfte des zu erwartenden Gewinns, während der Sohn, Samuel Jellicoe, Theilhaber des Geschäfts als Vertreter seines Vaters werden sollte. Dies Verhältniss war den Vorgesetzten des Jellicoe wohl bekannt und wurde auch officiell von denselben gebilligt. Als Jellicoe der Aeltere 1789 plötzlich starb, fand sich, dass das vorgeschossene Geld betrüglicher Weise aus der Regierungscasse entnommen und das Deficit sogar noch weit grösser war. Durch allerlei zum Theil wohl absichtlich eingeschlagene falsche Wege kam nun Cort um sein ganzes Vermögen und musste froh sein, dass ihm 1794 eine jährliche Pension von 200 Pfd. Sterl., welche nach Abzug aller Unkosten sich schliesslich nur auf 160 Pfd. Sterl. belief, von der Staatsschatzverwaltung bewilligt wurde. Cort starb 1800 und hinterliess mehrere unmündige Kinder und eine Wittwe, welche mit Mühe und wesentlich in Folge der Entdeckung der [1]) bei der Admiralität geschehenen Unterschleife im Jahre 1803 eine nach allen Abzügen 100 Pfd. Sterl. betragende jährliche Staatsunterstützung erlangte, die nach ihrem Tode (1816) ihren beiden unverheiratheten Töchtern in Höhe von weniger als je 20 Pfd. Sterl. verblieb. Der einzige überlebende Sohn Cort's erhielt erst auf Ansuchen mehrerer angesehener Leute, darunter Percy's, seit 1856 eine jährliche Pension von 50 Pfd. Sterl.

1787 besuchten Richard Crawshay und sein Genosse James Cockshutt Cort's Hüttenwerk und lernten die neue Methode des Puddelns und Walzens kennen [2]). Sie beschlossen die Einführung in Cyfartha [3]) und kamen überein, dem Cort zehn Schillinge für jede Tonne Stabeisen, welche sie auf diese Weise darstellten, zu zahlen. Crawshay nun und Homfray, der Erfinder des Koksfeinfeuers [4]), waren die einzigen Gegner einer 1812 durch Cort's ältesten Sohn vom Parlamente auf Grund der nationalen Bedeutung der Erfindungen seines Vaters erbetenen Unterstützung. Crawshay erklärte „dass seine Familie ruinirt worden wäre, wenn sie Cort's Pläne zum Walzen und Puddeln befolgt hätte.“

Members of the Family of the late Henry Cort for National Compensation“, theils auf Grund persönlicher Mittheilungen von Cort's Sohn und Anderen, woraus hier nur das Wesentlichste entnommen ist.

[1]) Namentlich durch den Schatzmeister Lord Melville und den Rendanten Alexander Trotter, welche vor der Untersuchung alle Papiere, darunter auch die Cort's, verbrannten. — [2]) Facts and Proofs collected by R. Cort. London 1855, p. 8. — [3]) Einer Hütte in Südwales. — [4]) S. 27.

Es würde diese Oposition keine weitere Beachtung verdienen, wenn nicht dadurch gleichzeitig hätte bewiesen werden sollen, dass Cort nicht der Erfinder des Puddelns gewesen sei. Homfray führte bei seinem Verhöre an, dass er vor Cort's Erfindung zu Colebrook Dale und Yverton einen ähnlichen unter dem Namen *Buzzing* bekannten Process, gesehen habe, der sich nur vom Puddeln durch Grösse und Form der Oefen unterschied, gab aber später zu, dass der Process allerdings auch erst etwa um die Zeit des Cort'schen Patents bekannt geworden sei. Percy glaubt auf Grund einer Mittheilung Darby's, dass der nicht mehr gebräuchliche Ausdruck *Buzzing*[1]) einen Process der Alteisenverarbeitung im Holzkohlenherde bedeute.

So wenig diese Einwendungen Cort den Ruhm rauben können, der Erfinder des Puddelns zu sein, so hat er doch manche Vorgänger gehabt, welche eine gleiche Idee wie er verfolgten, wenn auch Keiner seine Gedanken in praktischer Weise auszuführen verstand[2]). Schon 1766 nahmen Thomas und George Cranage ein Patent[3]), in dem folgender Passus vorkommt:

„Das Roheisen wird in einen Flammofen von geeigneter Construction gebracht und ohne Zufügung von etwas Anderem als roher Steinkohle in gutes schmiedbares Eisen umgewandelt, und wird rothwarm aus dem Flammofen zum Schmiedfeuer gebracht und in Stäbe verschiedener Form und Grösse je nach Wunsch des Arbeiters übergeführt."

Das war in der That das Wesen des Puddelns, und nach zuverlässigen mündlichen Ueberlieferungen[4]) wurde dieser Process Cort, als er seinen Puddelprocess behufs der Einführung zu Colebrook-Dale, wo die Gebrüder Cranage arbeiteten, anbot, wirklich vorgeführt; aber sei es, dass sich praktische Schwierigkeiten geboten hatten, sei es, dass man die Wichtigkeit nicht richtig erkannte, der Process war weder weiter ausgebildet, noch eingeführt worden.

Ebenso verdient das 1783 dem Peter Onion gewährte Patent Beachtung[5]). Hiernach wurden zwei Oefen für den Process gebraucht, der eine zum Schmelzen des Erzes oder Eisens[6]), und ein anderer aus Steinen oder Ziegeln gebauter, hinreichend feuerfester Herd (*refining furnace*),

---

[1]) Oder *bustling*. — [2]) Mit Recht behauptet Percy, dass nicht dem das Verdienst gebühre, welcher eine Idee habe, sondern dem, der diese Idee in praktischer Weise auszuführen im Stande sei. Das ist der schwächste Punkt aller, auch der besten Patentgesetzgebungen, und daher ist der Schaden, den die Aufhebung aller Patente machen würde, mehr ein eingebildeter als ein wirklicher. Durch den Patentschutz wird meist der begünstigt, der es am wenigsten verdient. — [3]) A. D. 1766, June 17, Nr. 851. Making pig-iron malleable in a reverberatory or air furnace with raw pit coal only. Abridgements etc. p. 8. — [4]) Percy, Iron, p. 636. — [5]) A. D. 1783, May 7, Nr. 1370. A new Method of Working and Refining Cast or Pig Iron and converting the same from a Fluid State into Wrought or Bar Iron, which would be of Public Utility." — [6]) Offenbar ist hiermit der Hochofen und Cupolofen gemeint.

in welchen das flüssige Eisen aus dem vorhergehenden gelangt, um dort folgendermaassen verarbeitet zu werden:

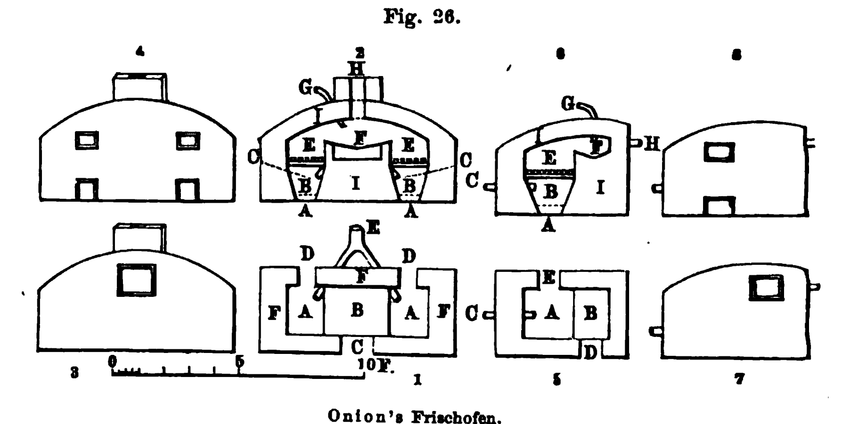
„Ein Wasserstrom wird in einen Behälter unter dem Aschenfall des Ofens geleitet, dann werden die Thüren des Aschenfalls geschlossen und die Feuerungen mit Kohlen, Koks oder Holzkohle beschickt, worauf Wind in den ersteren Raum geblasen wird. Das flüssige Eisen wird nun mit Löffeln durch eine Thür eingefüllt und darin so lange unter Einwirkung des Feuers und Gebläsestroms behandelt, bis es eine teigige Masse bildet, welche der Arbeiter nach Oeffnung der Thür mit einem Instrumente wendet und durchbricht, bis das Eisen gar wird [1]); sollte die Gare nicht eintreten wollen, so wird durch eine im Gewölbe angebrachte Düse kalter Wind auf das Eisen geführt, welcher dies herbeiführt [2])."

„Der Arbeiter dreht und wendet nun das Metall so lange, bis sich die Schlacke davon trennt und die Eisenpartikelchen frei davon aneinander backen. Diese letzteren werden zu Bällen zusammengedrückt, weisswarm gemacht und dann aus dem Ofen zum Hammer genommen, wo die zurückgebliebene Schlacke ausgepresst und das schmiedbare Eisen in eine achteckige oder ähnliche Masse (*loop*, Luppe genannt) umgewandelt wird, welche nochmals erhitzt jeder Zeit in beliebige Stäbe etc. ausgeschmiedet werden kann."

„Auch kann in den erhitzten Ofen das Roheisen im kalten Zustande eingesetzt und erst dort eingeschmolzen werden, worauf dann der Process in gleicher Weise, wie beschrieben, verläuft."

Die Figur 26 ist eine Copie der Patentzeichnung des Frischofens.

Fig. 26.



Onion's Frischofen.

In Fig. 1, dem Grundriss, bedeuten AA zwei Roste, B den Herd C die Arbeitsthür, DD die Brennmaterialthüren, E die Windrohre, ir

[1]) Until there is a ferment in the metal. — [2]) Wörtlich: welcher eine Ar von Ferment oder Verschlackung in der Substanz erregen wird.

Fig 2, dem verticalen Durchschnitte, *AA* die Wasserbehälter, *BB* die Aschenfälle, *CC* die Verbrennungswinddüsen, *EE* den Raum für Brennmaterial über den Rosten, *F* den Herd, *G* Zuführungsrohr für kalten Wind, *H* die Esse, *I* das Gewölbe.

Fig. 3 ist die Vorderansicht mit der Einsatzthür,

Fig. 4 die Hinteransicht mit zwei Brennmaterialaufgebethüren und zwei Aschenfallthüren.

In Fig. 5 ist ein kleiner Ofen im Grundriss dargestellt, worin *A* den Rost, *B* den Herd, *C* die Winddüse, *D* die Metalleinsetzthür und *E* die Brennmaterialthür bedeuten.

In Fig. 6, einem verticalen Durchschnitte, ist *A* der Wasserbehälter, *B* der Aschenfall, *E* der Kohlenraum über dem Rost, *F* der Herd, *G* die Düse für kalte Luft, *H* eine Düse für heisse Luft.

Fig. 7 giebt die zugehörige Vorderansicht;

Fig. 8 die Hinteransicht.

Abgesehen von der Form des Ofens und der unwesentlichen Anwendung des Unterwindes ist ein bedeutender Unterschied nur in der Benutzung des Oberwindes zur Beförderung des Frischens zu finden und es liegt die Vermuthung allerdings nicht fern, dass dieses Verfahren dem Cort zur Grundlage seiner Erfindung gedient habe.

Der Cort'sche Puddelprocess war der der Einmalschmelzerei im Frischfeuer analoge Flammofenfrischprocess.

Eine der Zwei- und Dreimalschmelzerei analoge Arbeit, welche einen wesentlichen Fortschritt bezeichnete, wurde erst möglich, als die Construction des Puddelofens durch Anordnung eiserner Böden geändert und damit die Sandböden der älteren Oefen, welche den grossen Nachtheil langsamer Arbeit und starken Eisenabbrandes hatten, beseitigt werden konnten. Diese Erfindung hat 1818 Samuel Baldwyn Rogers zu Nant y Glo in Glamorganshire gemacht, sich dieselbe aber nicht patentiren lassen [1]). In der That schreibt sich von dieser Zeit her auch erst die allgemeine Einführung des Puddelns an Stelle des alten Herdfrischens. Rogers führt an, dass es durch seine Erfindung, welche zuerst von Harford in Ebbw-Vale (Südwales) praktisch angewendet wurde, gelungen sei, in einem Ofen, der früher wöchentlich höchstens 8 Tonnen Eisen machte, nunmehr 20 bis 24 Tonnen zu erzeugen.

Auch Rogers war nicht ganz ohne Vorgänger. 1788 erhielt Robert Gardner ein Patent auf eine neue und besondere Kunst und Methode, Eisen, Kupfer und andere Metalle darzustellen mit Hülfe „eines allmälig vervielfältigenden" Flammofens [2]). Hiernach sollte die abgehende Flamme eines Ofens durch einen zweiten streichen u. s. w. und wo

---

[1]) An Elementary Treatise of Iron Metallurgy. By Samuel Baldwyn Rogers. London 1858, p. 227. Dies verhältnissmässig seltene Buch befindet sich in der Londoner königl. Bibliothek. — [2]) Progressively Multiplying Air-Furnace, Patent Specif. Nr. 1642. 1788.

die Hitze nicht ausreichte, sollte ein Hülfsrost eingeschaltet werden. Das hier Interessirende ist der zweite Theil der Erfindung, nach welcher die Zerstörung der alten Ofenböden dadurch vermieden werden sollte, dass der Sandboden eine hohlliegende, eiserne Unterlage erhielt, welche seitwärts mit einem Schlackenabflusse versehen war und zur Erleichterung der Entleerung etwas geneigt lag. Bei dieser Anordnung sollte der Sandboden, wenn er abgenutzt war, sich ohne Beschädigung des Ofens leicht herausnehmen und erneuern lassen.

1793 erhielt William Taylor ein Patent [1]) auf einen Flammofen verbesserter Construction. Der Ofen sollte aus Ziegeln mit Guss- und Schmiedeisen - Armatur hergestellt werden und zwei Roste, an jedem Ende einen, sowie eine gemeinschaftliche Esse erhalten. Er hatte einen eisernen Boden, der mit Sand bedeckt und unten durch einen Luftstrom gekühlt wurde.

Die eisernen Böden wurden indessen erst von vollkommener Wirksamkeit, als man an Stelle der anfangs auch hier, wie auf den gemauerten Böden, angewendeten Sandschicht einen Schlackenherd treten liess. Die Erfindung des Schlackenherdes und damit gleichzeitig die des Schlacken- oder fetten (nassen) Puddelns [2]) wird Joseph Hall [3]) auf Bloomfield Hütte bei Tipton in Südstaffordshire zugeschrieben, welcher auch zuerst die Rohschlacke dem Röstprocesse [4]) in Stadeln unterwarf, ein Process, der übrigens schon früher von Gibbons in offenen Haufen ausgeführt worden war [5]).

Die Verbesserungen, welche seit der Erfindung des eisernen Bodens und des Schlackenherdes gemacht worden sind, beziehen sich, soweit es sich um den Handpuddelofen handelt, auf Kühlung der Herdwände, Vervollkommnung der Feuerung und Anlage von Vorrichtungen zur Benutzung der Abhitze, ohne dass eine wesentliche Aenderung der ursprünglichen Form eingetreten wäre. Erst die Anwendung der Rotation bei Puddelöfen hat dem Apparate eine gänzlich veränderte Gestalt gegeben.

Hinsichtlich der Ausführung des Processes selbst ist der wichtigste Fortschritt in der praktischen Durchführung des Stahlpuddelns, dessen Geschichte eine besondere Behandlung verdient, zu suchen.

Geschichte des Stahlpuddelns. Schon Cort glaubte durch den Puddelprocess Schmiedeisen sowohl wie Stahl herstellen zu können [6]). Weder ihm noch seinen unmittelbaren Nachfolgern gelang indessen die praktische Durchführung.

---

[1]) A. D. 1793, Nr. 6. Nr. 1966. — [2]) Wet puddling, pig-boiling, boiling process. — [3]) Gestorben 1862, 72 Jahre alt. 1857 veröffentlichte er ein kleines von zahlreichen, namentlich wissenschaftlichen Irrthümern volles Buch: „The Iron question: Considered in connection with Theory, Practice and Experience, with special reference to the Bessemer Process." By Joseph Hall. London 1857. 8. — [4]) Vergl. Abth. II, S. 575. — [5]) Percy, Iron, p. 671 und Practical Remarks on the use of the Cinder-Pig in the Puddling-Furnace and on the Management of the Forge and Mill. London. 8. 1844, p. 21. — [6]) Vergl. S. 115.

1824 veröffentlichte Bréant einen interessanten Aufsatz über Gussstahl, in welchem sich folgender richtiger Ausspruch findet [1]:

„Die dunkelsten Roheisensorten (*les fontes les plus noires*) geben den besten Erfolg. Ich bin überzeugt, dass es möglich sein würde, mit solchen Roheisensorten Gussstahl im grossen Maassstabe in Flammöfen zu produciren, wenn man einen dem Reinigungsprocesse des Glockenmetalls analogen Process anwenden würde, nämlich zu dem geschmolzenen Metall einen Theil desselben Metalls im oxydirten Zustande oder noch besser natürliches Eisenoxyd zuzufügen."

Auch dies blieb unbeachtet oder unverstanden.

Nach Tunner [2]) wurde Puddelstahl zu Frantschach in Kärnthen thatsächlich 1835 von Schlegel, Müller und Mayr erzeugt, welche auf den Process im Jahre darauf ein Patent nahmen, ohne dasselbe weiter zu verfolgen oder einen praktischen Erfolg damit zu erzielen.

1839 wurden Versuche zum Stahlpuddeln durch Oberhütteninspector Stengel auf dem Puddlingswerk von Kamp und Hesterberg zu Wetter a. d. Ruhr vorgenommen.

1844 wurden dieselben auf dem Puddlingswerk von Ebbinghaus & Co. zu Wickede a. d. Ruhr durch Factor Kolbe und 1845 auf dem Puddelwerk von Huth bei Hagen fortgesetzt; bereits 1846 erhielt Oberhütteninspector Zintgraff in Siegen zu Wickede und dann zu Geisweide bei Siegen befriedigende Resultate. In demselben Jahre erzeugte M. Bischof Puddelstahl im Gasofen zu Mägdesprung im Harz. Ebenso waren zu Weyerhammer in Bayern mehrere Jahre hindurch Versuche zum Stahlpuddeln gemacht worden [3]).

1849 begann eine regelmässige Fabrikation von Puddelstahl auf den Werken von Röhr, Böing & Co. zu Limburg a. d. Lenne und von Lehrkind, Falkenroth & Co. zu Haspe, sowie zu Hörde [4]).

In demselben Jahre constituirte sich die Firma Lohage, Bremme & Co. zur Ausbeutung der Erfindung des Stahlpuddelns in Westfalen, deren Theilhaber Gustav Bremme sen. zu Unna sich im Verein mit dem Chemiker Anton Lohage seit 1847 mit dahin zielenden Versuchen beschäftigt [5]) und auch die Stahlpuddelversuche auf dem Werke von Lehrkind, Falkenroth & Co. zu Haspe geleitet hatte.

Man kann annehmen, dass im Jahre 1849 bereits mehrere Eisenhüttenbesitzer in Westfalen alle bis dahin entgegenstehenden Schwierig-

---

[1]) Percy, Iron, p. 791, und Annales des Mines, 1824, 9, p. 327. „Description d'un procédé à l'aide duquel on obtient une espèce d'acier fondu semblable à celui des lames damassées de l'Orient. Par M. Bréant, vérificateur des essais à la Monnaie." — [2]) Oesterr. Jahrbuch (Tunner) 1853. 3. p. 281. — [3]) De la Fabrication de l'Acier Puddlé en Allemagne. Par M. A. Delvaux de Fenffe, Ingénieur Civil des Mines, Professeur aggrégé chargé du cours de Métallurgie à l'Université de Liége. Revue Universelle, 1857. 1. p. 59. — [4]) Dingler, Polytechn. Journal 145, S. 368. — [5]) Berg- und hüttenm. Zeitung 1855, S. 97.

keiten überwunden hatten, so dass seit dem Jahre 1850 ein für verschiedene Zwecke geeigneter Puddelstahl regelmässig fabricirt werden konnte.

Auf der Weltausstellung zu London von 1851 hatten Lehrkind, Falkenroth & Co. zu Haspe bei Hagen Stangen und Brammen von Puddelstahl ausgestellt, welcher aus deutschem Holzkohlenroheisen, belgischem gefeinten Eisen und Anthracit-Roheisen von Yniscedwin erzeugt waren [1]).

Es war angegeben, dass dieses Product in grossen Mengen zur Darstellung von Schneidwerkzeugen, Waggonaxen, Feilen, Federn u. s. w. angewendet würde, nachdem der erste Puddelofen des Werks im September 1850 in Betrieb gekommen sei [2]), und dass es seiner Billigkeit, Härte, Festigkeit und Elasticität wegen ausgestellt werde [3]). Gewalzter Puddelstahl war von Boeing, Roehr und Lessky zu Limburg a. d. Lenne und von Huth & Co. zu Hagen [4]) zur Ausstellung gesendet worden.

„Dieser wichtige Industriezweig war — sagt Percy [5]) — damals vollkommen neu; in der That hatten auch die älteren Versuche, welche alle resultatlos verlaufen waren, nur den Werth, weitere Anregung gegeben zu haben."

Das letztere gilt auch von den französischen Versuchen, welche 1845 bis 1846 von Morel, Petin & Gaudet angestellt worden sein sollen, während erst 1854 bis 1855 deutsche Arbeiter die ersten erfolgreichen Hitzen auf den Loire-Hütten durchführten [6]).

In England wurde das Stahlpuddeln durch E. Riepe eingeführt. Dieser Chemiker aus London hatte die von Lohage und Bremme geleiteten Versuche zu Haspe 1849 kennen gelernt, auch im Verein mit Lohage die Oberaufsicht bei den weiteren Proben geführt. Damals glaubte man, es sei eine möglichst niedrige Hitze (Kirschrothglut) beim Stahlpuddeln anzuwenden, und um den sich daraus ergebenden Uebelständen abzuhelfen, empfahl der Genannte nach einem gewissen Zeitraume eine Quantität Spiegeleisen zuzusetzen und die wieder flüssig gewordenen Massen dann erst ganz zu verpuddeln. Bremme dagegen zeigte, dass sich gerade bei Anwendung einer sehr hohen Temperatur der Stahlpuddelprocess am besten führen lasse. Ewald Riepe wurde von der Gesellschaft Lohage, Bremme & Co. beauftragt, ein Patent in England auf seinen Namen zu nehmen, aber Riepe ist durchaus nicht der Erfinder des Processes [7]). In dem Riepe'schen Patent wird besonderer Werth auf die richtige Leitung der Hitze, welche Kirschrothglut nicht übersteigen solle, das Puddeln unter der Schlacke und den Zusatz von Roheisen während des letzten Theils des Processes gelegt. Er wurde

---

[1]) Official Catalogue, Zollverein States Nr. 447. — [2]) Oesterr. Jahrb. 1852. II, S. 180. — [3]) Illustrated Catalogue, foreign States p. 1074. — [4]) Off. Catal. Nr. 453 und 632. — [5]) Iron, p. 792. — [6]) Annales des Mines 1859. 5 ser. 15. p. 104 et 296. — [7]) Berg- und hüttenmännische Zeitung 1865, S. 98.

zuerst auf der Mersey-Hütte bei Liverpool [1]) eingeführt, vorher wohl aber schon zu Low Moor in Yorkshire probirt [2]), ohne dort praktische Bedeutung zu gewinnen. Das Patent datirt vom 29. Januar 1850. Clay, der Director der Mersey-Hütte, hat 1858 eine interessante Mittheilung an die englische Gesellschaft für Kunst (*Society of Arts*) gemacht, wonach der zu Low Moor dargestellte Puddelstahl besonders nach Sheffield, z. B. an Naylor, Vickers & Co. zur Gussstahlglockenfabrikation verkauft worden sein sollte. Clay sprach aus, dass er nur nach Anleitung der Patentbeschreibung, welche weiter unten wörtlich mitgetheilt werden wird, vollkommen befriedigende Resultate mit allen möglichen Roheisensorten erhalten habe und dass der Stahl für alle Zwecke mit Ausnahme von Schneidwerkzeugen verwendbar gewesen sei [3]).

Anders spricht sich allerdings Bremme jr., Ingenieur zu Liverpool, aus. Er sagt [4]): „Riepe konnte mit seinem Patente in England keinen Erfolg erzielen. Daher nahm G. Bremme sen. am 31. Januar 1854 ein neues Patent auf sein Verfahren, wonach Weissglut, oder die höchsten im Puddelofen erreichbaren Temperaturen zum Stahlpuddeln benutzt werden sollten. Nach diesem neuen Verfahren fabricirten Thomas Firth & Sons im Sheffied sehr bald mit Erfolg bedeutende Mengen Puddelstahl“. Beide Patente wurden verkauft und die Rechtsnachfolger kamen sehr bald in einen Patentstreit, der schliesslich nicht zur endgültigen Entscheidung gelangte, dessen Einzelnheiten indessen auch wenig Interesse bieten.

Der Handpuddelofen.

Die gegenwärtig im Gebrauch stehenden Puddelöfen sind Flammöfen. Der Haupttheil ist der auf einer eisernen, hohl liegenden Platte ruhende Schlackenherd, welcher von meistentheils gekühlten Rändern (Herdeisen, Grenzeisen) eingefasst ist.

Er ist der Regel nach nur von einer Seite durch eine oder zwei Arbeitsthüren zugänglich (einfache Oefen), seltener an zwei Seiten mit solchen Thüren versehen (Doppelöfen). Von der Feuerung, deren meist jeder Ofen eine besondere hat, ist der Herd durch die Feuerbrücke, von dem zur Esse führenden Feuerkanale, dem Fuchse, durch die Fuchsbrücke getrennt.

Ein Tonnengewölbe überspannt den ganzen Raum. Der zwischen dem ersteren und der Feuerbrücke zum Durchgang der Flamme dienende Raum heisst das Flammenloch, die zum Abzug der Gase dienende

[1]) Percy, Iron, 793. — [2]) Berg- und hüttenmännische Zeitung loc. cit. — [3]) Clay fand die absolute Festigkeit der Puddelstahlstäbe pr. englischen Quadratzoll zu ungefähr 43 tons, im Gegensatz zu 20 tons bei Schmiedeisen. Percy, Iron, p. 794. — [4]) Berg- und hüttenmännische Zeitung 1865, S. 98.

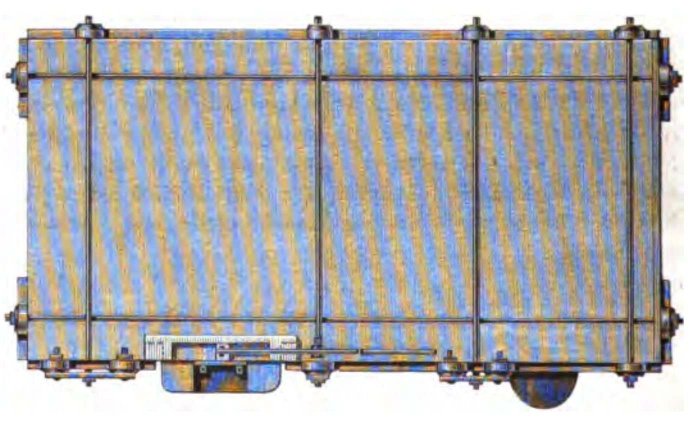
Oeffnung das Fuchsloch, oder auch wie der ganze Kanal kurz der Fuchs. Der Fuchs mündet in die Esse, oder wenn diese mehreren Oefen gemeinschaftlich ist, in den zur Esse führenden Abzugskanal. Die Feuerung ist der Regel nach eine Rostfeuerung und der über dem Rost liegende Raum, welcher durch eine Oeffnung, die Feuerthür, zugänglich ist, heisst dann Feuerraum, der darunter liegende Aschenfall.

Nach dieser vorgängigen Erläuterung der technischen am Puddelofen vorkommenden Benennungen wird die Construction im Einzelnen am besten an einigen Beispielen ersichtlich gemacht werden können.

Die folgenden Holzstiche stellen einen Puddelofen der Bromford-Eisenhütte bei Birmingham dar [1]).

Fig. 27 ist eine obere Ansicht des Ofens ohne Fuchs. Man ersieht daraus, dass der Grundriss des Ofenkörpers rechteckig ist. Von

Fig. 27.



Oberansicht.

drei Seiten ist er durch gusseiserne Platten eingefasst, welche zusammengehalten werden vermittelst eiserner über das Gewölbe fortlaufender Anker, vier der Quere, zwei der Länge nach. An der Vorderseite, wo die Thüren liegen, welchen Durchbrechungen in den Eisenplatten entsprechen, und durch deren Lage diejenige der Queranker bedingt wird, treten die Thürschwellen ziemlich weit hervor. Die Schwelle an der Arbeitsthür, die Arbeitsschwelle (*Working plate* oder *ledge*) genannt, dient zur Auflage der Gezähe (Arbeitsgeräthe), diejenige an der Feuerthür zur Anhäufung von Kohlenstücken, welche einen besonderen Verschluss unnöthig machen.

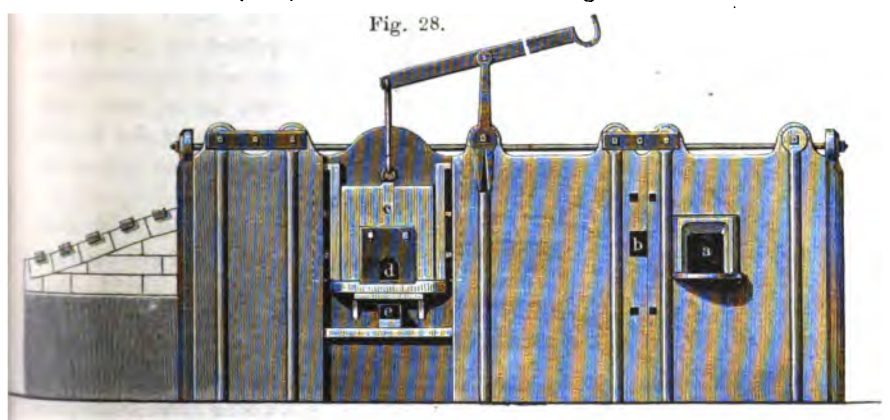
Fig. 28 stellt eine Vorderansicht dar, welche die Verankerung noch deutlicher sichtbar macht. *a* ist die, wie bereits erwähnt, hier offene Feuerthür, welche indessen in vielen anderen Fällen auch durch eine

---

1) Percy, Iron, Fig. 132 bis 147.

der Arbeitsthür ähnliche Construction verschlossen werden kann. Uebrigens liegt die Feuerthür zuweilen auch an der kurzen Seite des Ofens, ja sogar an der Rückwand. *b* ist eine kleine, auch in den Feuerraum führende Oeffnung, welche sich nicht gerade oft findet und die dazu dient, einen Stab schweisswarm zu machen. Ein solcher Stab (Schweif, *staff*) wird, nachdem er an die Luppe angeschweisst ist, dazu benutzt, die letztere unter dem Hammer ohne Zange zu handhaben. *c* ist die an einem doppelarmigen, mit Gegengewicht beschwerten Hebel aufgehangene Einsatzthür (*door*). Sie besteht aus einem gusseisernen Rahmen

Fig. 28.



Vorderansicht.

Zoll engl. 12 6 0 3 6 9 12 Fuss engl.

Decimeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

Maassstab für die Figuren 27 bis 35.

oder Kasten, welcher innen mit feuerfesten Ziegeln ausgesetzt ist. Diese Thür wird nur behufs Einbringung des Roheisens und Ausbringens der Luppen, sowie zur Reparatur des Ofens geöffnet, bleibt im Uebrigen aber geschlossen und wird an den Fugen mit Lehm verschmiert. Sie gleitet beim Aufziehen in zwei in Fig. 27 deutlicher sichtbaren Leitschienen. In dieser Hauptthür ist eine kleine Oeffnung *d* am unteren Rande ausgespart, gerade gross genug, um die Kratzen und Brechstangen, welche beim Puddeln benutzt werden, einzuführen. Sie heisst die Arbeitsthür (*working hole*). Da die Ränder dieser Oeffnung einer schnelleren Abnutzung unterworfen sind, pflegt man zuweilen, wie dies die Zeichnung zeigt, eine besondere Platte einzusetzen, welche öfters ausgewechselt werden kann. Ebenso wird in die Schwelle (*ledge*) eine leicht zu erneuernde Stahlplatte eingelegt. Die Arbeitsthür wird beim Einschmelzen durch ein kleines unten rechtwinklig umgebogenes Blech verschlossen. Die an dessen Rändern eindringende Luft wird durch ein dahinter gelegtes Kohlenstück in Kohlenoxyd umgewandelt und dabei erwärmt. Unter der Arbeitsschwelle liegt das (nicht immer

vorhandene) Abstichloch (*tap-hole*), welches während der Arbeit mit Sand verschlossen und nur zum Abstich der Schlacke (*tapcinder*) vermittelst eines spitzen Eisens geöffnet wird. Der an der linken Seite der Figur 28 sichtbare Fuchs ist mit Steinen überdeckt, deren jede Reihe durch ein eisernes Band zusammengefasst ist, so dass sie für sich abgehoben werden kann, wenn eine Reinigung des Fuchses erforderlich sein sollte.

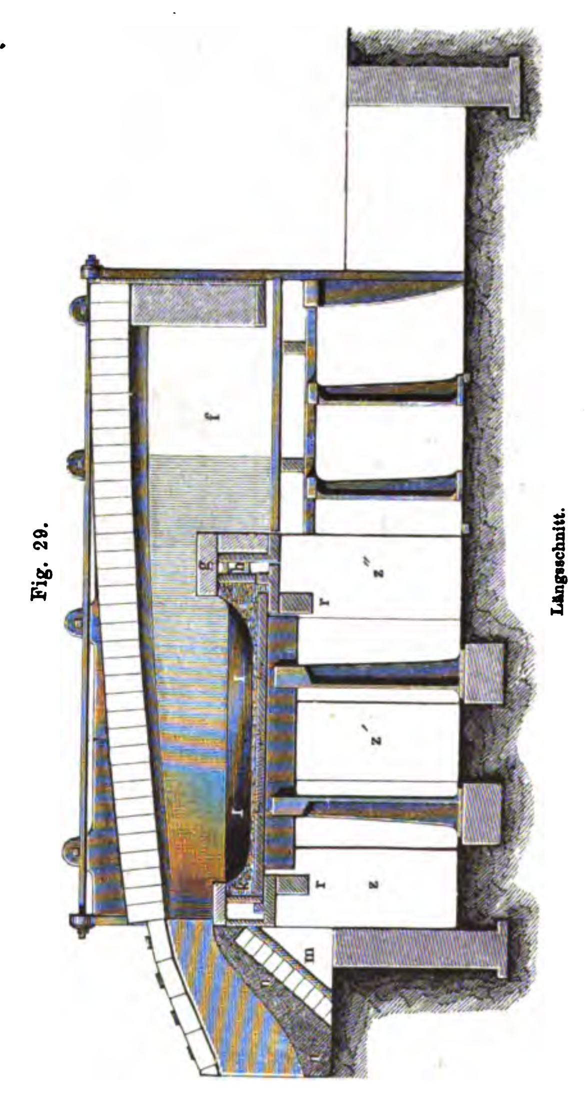


Fig. 29. Längsschnitt.

Fig. 29 zeigt einen verticalen Längsdurchschnitt. Alle hier, theils in Ansicht, theils im Durchschnitt sichtbaren gemauerten Theile des Ofens sind aus möglichst feuerfesten Ziegeln hergestellt. *f* ist der Feuerraum (*fire place*). Seine Endwand wird durch einen eisernen Rahmen eingefasst, um für die Reinigung des Rostes, welche von aussen geschieht, einen Spielraum über den Stäben zubehalten. Die Seitenwände ruhen auf gusseisernen Ständern, welche den Aschenfall begrenzen, wie dies deutlich aus Figur 34 hervorgeht. Die Feuerbrücke *g* (*fire-bridge*) ist von einem Kanal *h* durchzogen, der hier durch Luftcirculation gekühlt wird. Nach der Feuerung zu und an ihrer oberen Seite ist sie mit feuerfesten Steinen eingefasst. Die

Decksteinlage (*g*) besteht aus Platten, deren Dicke nicht unwesentlichen Einfluss auf die Feuerführung ausüben kann. Am hinteren Ende pflegt man zuweilen eine mehrfache Steinlage (*monkey*) anzuordnen, um so die Flamme mehr nach der Vorderseite des Herdes abzulenken. Der Herd (*hearth*) *k* selbst wird von eisernen Ständern, die durch Querbalken verbunden sind, getragen. Sein Boden *i* besteht aus vier, mit Falzen an einander stossenden Platten (*bottom plates*). Er ist aus Schlacken (*l*) in einer später genauer beschriebenen Art muldenförmig hergestellt. Der Schlackenstich mündet an seiner Vorderseite ein. Die Fuchsbrücke (*flue bridge*), welche, wie die Feuerbrücke, durch die Querbalken *r* getragen wird, ist behufs der Luftkühlung hohl und ebenfalls mit feuerfesten Steinplatten bedeckt. Auch hier ist die Stärke der Platten wesentlich für die Arbeit, besonders wenn die übersteigende Rohschlacke über diese Brücke fort in den Fuchs geführt werden soll. Zu dem letzteren Zwecke macht man öfters den mittleren Theil niedriger als das vordere und hintere Ende. *s*, *s'* und *s''* sind aus gewöhnlichen Ziegeln hergestellte Mauerpfeiler. Der Fuchskanal (*flue*) ruht auf eisernen Platten *m*, welche von einer Rollschicht feuerfester Ziegeln und einer Schlackenschicht *n* bedeckt sind, auf der die überfliessende Schlacke zur Sohle der Esse gelangt. Das Ofengewölbe senkt sich von der Feuerung allmälig zum Fuchse hinab.

Fig. 30 (a. f. S.) ist ein Horizontalschnitt durch den Ofenraum, oberhalb der Feuer- und Fuchsbrücke. Die gleichen Buchstaben bedeuten dieselben Theile wie in Fig. 29. Es ist nur noch hinzuzufügen, dass die weissen Theile *o o* offene Räume darstellen, welche, häufig essenartig zusammengezogen, die Luftcirculation zur Kühlung des Ofens befördern.

Fig. 32 zeigt ebenfalls einen Horizontalschnitt, aber unterhalb des Ofenherdes durch die Fundamente. Der Raum rechts, welcher vertieft in der Hüttensohle liegt, ist meist durch eine Treppe oder schiefe Ebene zugänglich, um von dort aus bequem den Rost reinigen und die Asche aus dem Aschenfall fortbringen zu können. Der mittlere Raum ist der Aschenfall, in dem man die vier T-förmigen Ständer sieht, welche die Rostbalken tragen. In dem unter dem Herd gelegenen Raume endlich zeigen sich die beiden ebenfalls T-förmigen mittleren Ständer, welche den unter den Sohlplatten befindlichen Querbalken tragen, und die drei schraffirten Theile an der Rückwand stellen die drei bei Fig. 29 erwähnten Mauerpfeiler *s*, *s'* und *s''* dar.

Zur weiteren Veranschaulichung der Ofenconstruction mögen die Figuren 31, 33, 34 und 35 dienen. Fig. 31 zeigt die Ansicht des Ofens von der Feuerung aus. Fig. 33 einen Verticalquerschnitt nach der Linie *EF* der Fig. 30, d. h. durch den Fuchskanal. Die Schlackenschicht *n* erscheint hier theils als Durchschnitt, theils als Ansicht.

Fig. 34 ist ein Verticalschnitt nach *AB* der Fig. 30, d. h. durch die Feuerung neben der Feuerthür, aus welchem die Anordnung der Ständer, der Rostbalken und der Roststäbe ersichtlich ist. Der über den

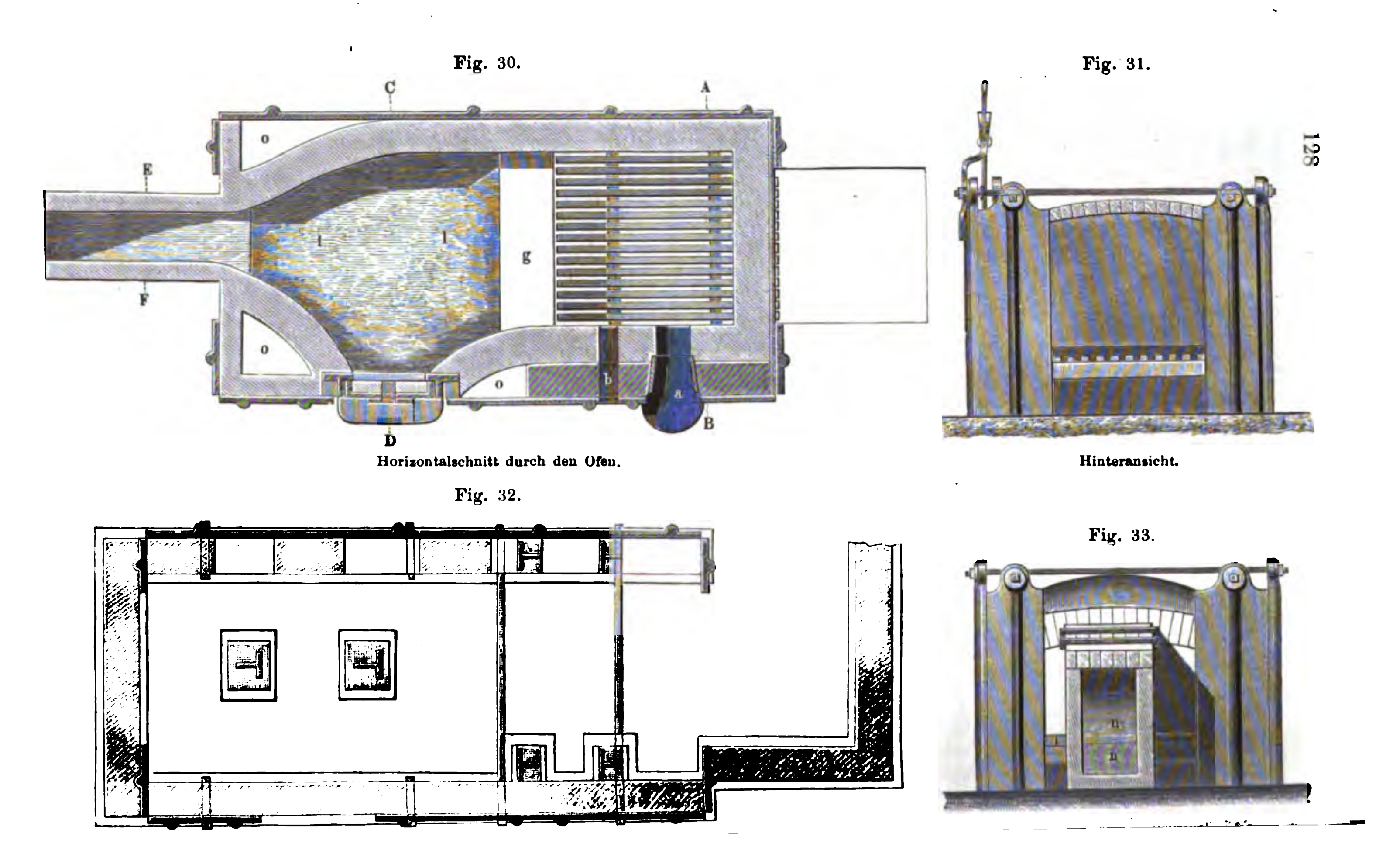


Fig. 30.

Horizontalschnitt durch den Ofen.

Fig. 31.

Hinteransicht.

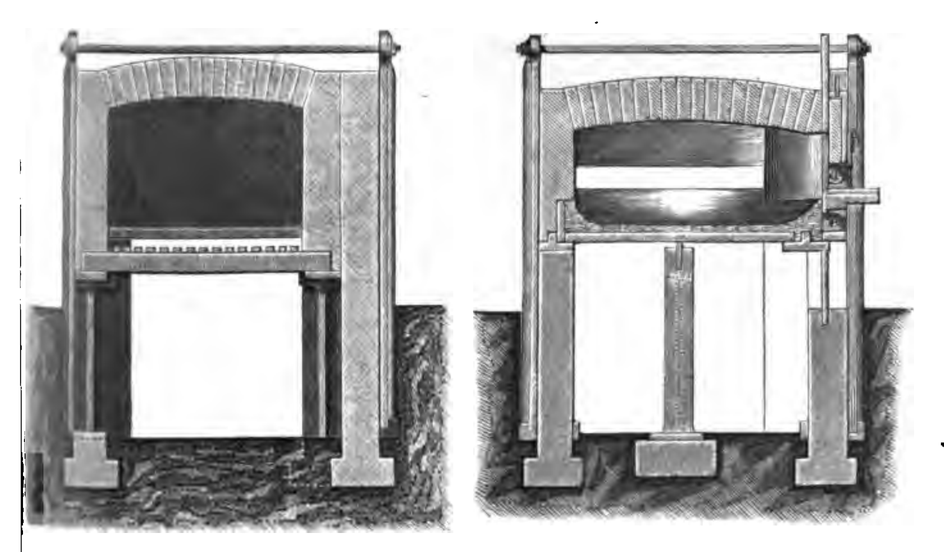
Fig. 32.

Fig. 33.

letzteren befindliche, mit Horizontallinien schraffirte Theil stellt den die Rückwand stützenden eisernen Rahmentheil dar, welcher bereits bei Fig. 29 Erwähnung fand.

Fig. 35 endlich ist ein Verticalschnitt nach Linie *CD* der Fig. 30, d. h. durch die Arbeitsthür. Es wird hier die Anordnung der als Stütze des Bodens dienenden Theile besonders ersichtlich gemacht. Hiernach ruhen die Bodenplatten auf den beiden T-förmigen Gussstücken an der Vorder- und Hinterwand und ausserdem auf dem von den beiden Mittelständern getragenen Längsbalken. An der mit der Arbeitsthür *d* und

Fig. 34. Fig. 35.



Verticalschnitt

nach *AB* (Fig. 30). nach *CD* (Fig. 30).

dem Schlackenstich *e* versehenen Vorderwand bildet in diesem Schnitte das Gussstück, welches den Schlackenstich und die Arbeitsthürsohle umfasst, die einzige Begrenzung des Schlackenherdes, dessen Schlackenrinne vor der Bildebene gelegen zu denken ist. Besondere Beachtung verdient ferner die Construction der Rückwand, von der später mehrfache Abweichungen besprochen werden sollen. Im vorliegenden Falle schliesst sich eine senkrechte Platte als Begrenzung des Schlackenherdes an die Sohlplatten an und das Mauerwerk ragt über dieselbe bis zur innern Kante des Schlackenherdes fort.

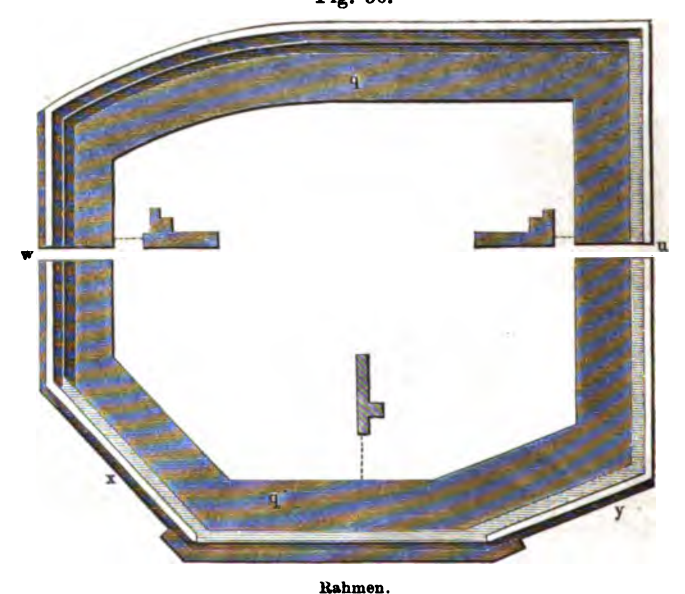
Die Construction der einzelnen Gusstheile ergiebt sich aus den folgenden Figuren 36 bis 43.

Fig. 36 stellt den gusseisernen Rahmen dar, in welchen die vier Stücke des Bodens eingelegt werden. Er besteht aus zwei Stücken, dem Hintertheil *q* und dem Vordertheil *q'*, letzteres mit den beiden Abschrä-

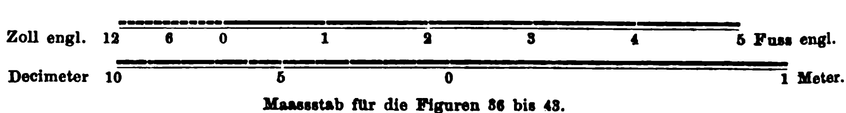
gungen x nach dem Fuchse und y nach der Feuerung zu gelegen. Der Theil u greift unter die Fuchsbrücke, w unter die Feuerbrücke [1]).

Die Combination der Bodenplatten und der Herdeisen ist in Fig. 37 ersichtlich gemacht. Die nicht über 4 cm starken Bodenplatten liegen quer über den Herd. Die nicht immer vorhandene Unterstützung derselben durch den Mittelbalken (Fig. 29 und 35) soll den Platten den nöthigen Widerstand bei unvorsichtiger Besetzung des Herdes mit Roheisen geben. Die Herdeisen bestehen aus sechs Stücken. Die in Fig. 37 dargestellten, s und t, bilden die Rückwand. Zwei weitere

Fig. 36.



Rahmen.



Maassstab für die Figuren 36 bis 43.

Herdeisen bilden die Begrenzung an der Feuerbrücke (w) und der Fuchsbrücke (u). Das letztere ist in Fig. 38 in äusserer Ansicht und Horizontalschnitt durch die Ansätze dargestellt. Das fünfte und das sechste Herdeisen kommen endlich an die Abschrägungen x und y, an der Vorderseite des Ofens. Beide sind in Ansicht und Grundriss in den

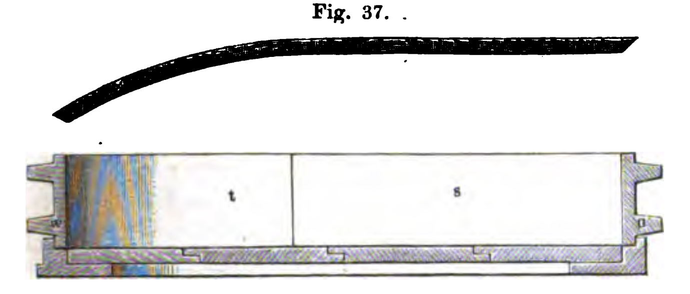
[1]) Die mit den vorhergehenden Figuren dem Percy'schen Werke entnommene Zeichnung stimmt insofern nicht mit der aus Fig. 29 und 35 ersichtlichen Construction, als hier die äusseren Ränder bei y und u fehlen und auch bei w und x schmäler gezeichnet sind. Percy erläutert dies dadurch, dass die Detailzeichnungen eine neuere, die vorhergehenden ganzen Ofenzeichnungen eine ältere Anordnung darstellen.

Figuren 39 und 40 (a. f. S.) dargestellt. Früher legte man diese Herdeisen zwischen die Rahmenplattenränder und die Herdplatten, wie dies die Figuren 29 und 35 (S. 126 und 129) zeigen, später traf man die in Fig. 37 angegebene Anordnung, nach der die Rahmenplatte einen besonderen Ansatz für die Aufnahme der Herdeisen erhält.

Fig. 41 zeigt die Ansicht des Rahmens für die Einsatzthür, aus welcher sich die Anordnung der beiden Leitrippen für das Thor ergiebt. Diese Leitrippen sind durch Querrippen verstärkt. Der kleine Durchschnitt am Fuss der Figur ist durch eine solche Verstärkungsrippe gelegt.

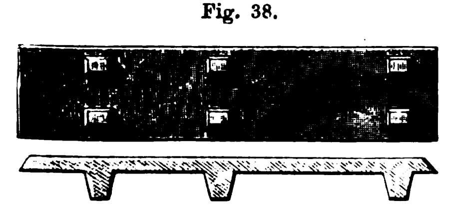
In Fig. 42 (a. f. S.) ist die Arbeitsthürschwelle dargestellt. α ist die Vorderansicht, β die Oberansicht. Die Vertiefung γ dient zur Auf-

Fig. 37.



Herdeisen und Bodenplatten.

Fig. 38.



Herdeisen an der Feuerbrücke.

Fig. 39.



Vorderes Herdeisen.

nahme eines Einsatzstückes aus Hartguss oder Stahl, auf dem die Kratze bei der Arbeit gleitet, welches daher starker Abnutzung unterliegt und öfters ausgewechselt werden muss. Die Innenseite ist, um das Werkzeug hauptsächlich in der Mitte zu halten, abgerundet.

Unter der Arbeitsthürschwelle befindet sich das Gussstück Fig. 43, in dem das Schlackenloch e liegt. δ ist die obere Ansicht, entspricht also β, Fig. 42, in Bezug auf die Lage. ε ist die Vorderansicht, ζ ein Verticalschnitt durch das Schlackenloch e. Auch hier sind einzelne Details anders, als in Fig. 35 dargestellt; Aenderungen, welche als Verbesserungen gegen jene angesehen werden dürfen.

Die bei diesen Oefen angewendeten Gezähe oder Arbeitswerkzeuge sind zweierlei Art, die Kratze (*rabble*) und der Spitz (*paddle*). Die

Kratze ist eine starke schmiedeiserne Stange, zur Hälfte quadratisch (mit verbrochenen Kanten), zur anderen in der Hand des Arbeiters befindlichen Hälfte rund. An das Ende des quadratischen Theils ist ein Flacheisenstück von 6 bis 7 cm Breite angeschweisst und rechtwinklig umgebogen. Die Unterkante des letzteren bildet die Arbeitsstelle (*working point*). Die Stärke der Stange beträgt ca. 3·5 cm, die Länge 2·5 m, das Gewicht 18 bis 20 Kg. Der Spitz ist von etwas geringerer Stärke und daher auch geringerem Gewicht und besitzt an Stelle der umgebo-

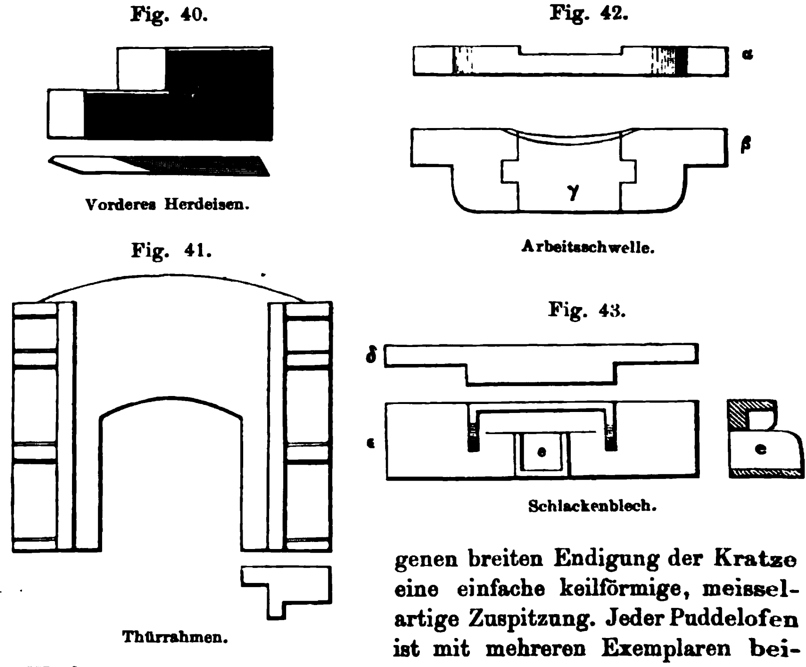


Fig. 40. Vorderes Herdeisen.

Fig. 41. Thürrahmen.

Fig. 42. Arbeitsschwelle.

Fig. 43. Schlackenblech.

genen breiten Endigung der Kratze eine einfache keilförmige, meisselartige Zuspitzung. Jeder Puddelofen ist mit mehreren Exemplaren beider Werkzeuge ausgerüstet und öfters finden sich auch noch Spitze verschiedener Grösse neben einander vor. Zur Kühlung der Gezähe dient ein eiserner mit fliessendem Wasser versehener Behälter, der eine für die Puddler bequeme Lage haben muss, so dass die Stangen nicht weit zu tragen sind und andererseits der Betrieb des Ofens, das Fortfahren der Schlacke und der Luppen, das Zuführen der Kohlen u. s. w. nicht durch den Kasten gehindert wird. Die Schlacke wird beim Abstich in kleine auf zwei Rädern stehende schmiedeiserne Kästen abgelassen, in denen sie, schnell erstarrend, fortgefahren wird, oder sammelt sich auf dem Boden in einer Grube an und wird nach der Erstarrung entfernt.

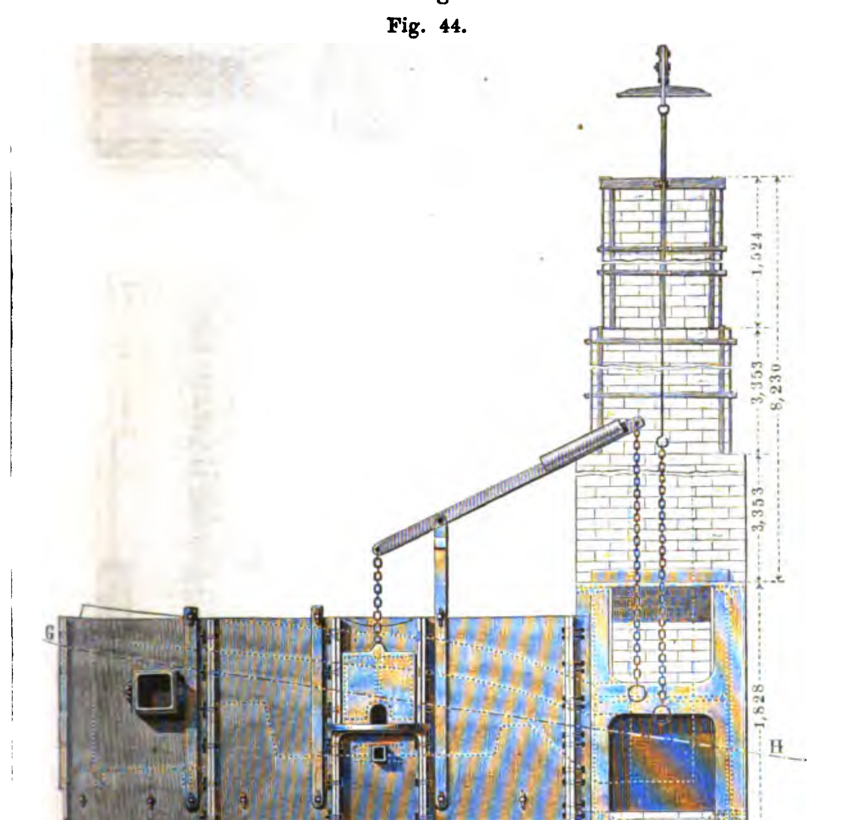
Die Kosten eines der beschriebenen Puddelöfen, welcher etwa 1500 Stück feuerfeste Steine fasst, giebt Percy[1]) zu 130 Pfd. St., d. h. $866^2/_3$ Thlr. oder 2600 Rmk an.

[1]) Ende der 50ger Jahre. Iron p. 647.

Die Bodenplatten halten bei guter Behandlung zwei bis drei Jahre, das Gewölbe muss alle sechs Monate erneuert, aber meist alle Wochen einmal reparirt werden. Der Herd erfordert nach jeder Charge kleinere Reparaturen.

In den folgenden Figuren 44 bis 51 ist ein Puddelofen des Hüttenwerks Ebbw Vale in Südwales dargestellt.

Fig. 44.



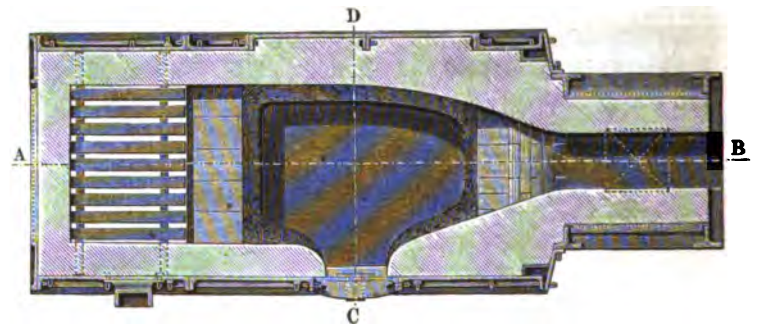
Vorderansicht.

Fig. 44 zeigt die Ansicht des Ofens sammt Esse von der Arbeitsseite aus. Die innere Form ist in punktirten Linien angegeben.

Man erkennt hier deutlich die Verbindung des Ofens mit der Esse und deren Construction. Um an Raum zu sparen, ist die Esse mehrfach abgebrochen gezeichnet, die Höhe der einzelnen Theile aber durch die beigeschriebenen Maasse ersichtlich gemacht. Die äussere Einrichtung

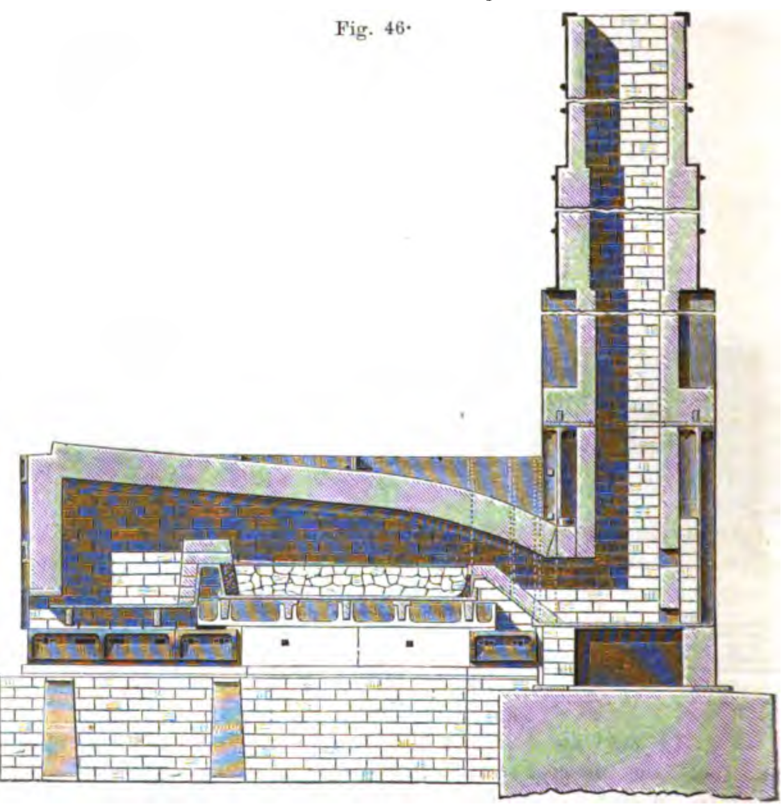
des Ofens und die Verankerung ist zwar abweichend von der des vorher angegebenen, aber ohne wesentliche Eigenthümlichkeiten.

Fig. 45.



Horizontalschnitt nach *GH* (Fig. 44).

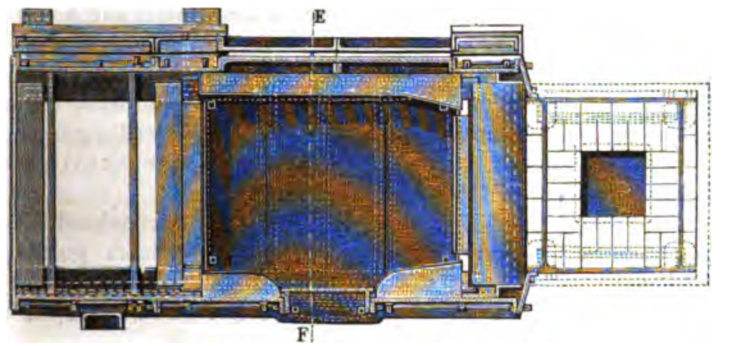
Fig. 46.



Verticalschnitt nach *AB* (Fig. 45).

Fig. 45 zeigt einen Grundriss nach der Linie *GH* der Fig. 44, Fig. 46 einen Verticalschnitt nach *AB* der Fig. 45, Fig. 47

Fig. 47.



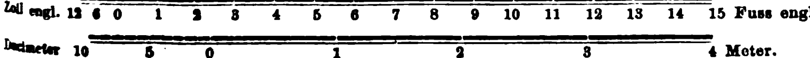
Horizontalschnitt ohne Mauerwerk.

Fig. 48.

Fig. 49.

Vorderansicht der Esse.

Ansicht von der Feuerung.

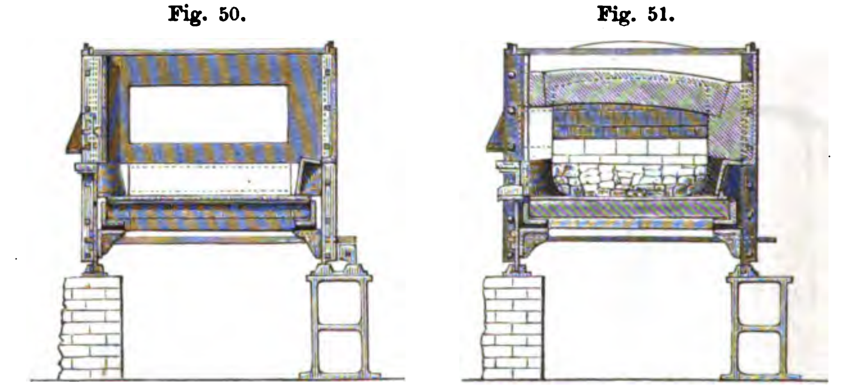


Maassstab für die Figuren 44 bis 51.

einen Grundriss durch die Herdeisen gelegt, so dass im Gegensatz zu Fig. 45 nicht das Mauerwerk, sondern nur die Eisentheile zur Anschauung gebracht sind. Fig. 48 (a. v. S.) giebt die Endansicht der Esse, also rechtwinklig zu Fig. 44, Fig. 49 (a. v. S.) die Ansicht des Ofens von der Feuerung aus, Fig. 50 einen Verticalquerschnitt durch die Arbeitsthür (nach *EF*, Fig. 47) und zwar unter Darstellung der Eisentheile ohne Mauerwerk, Fig. 51 endlich einen Querschnitt an derselben Stelle (*CD*, Fig. 45) mit Mauerwerk.

Der Ofen ist mit seiner Vorderseite auf einer durchgehenden Mauer fundamentirt, mit seiner Rückseite dagegen von einem gusseisernen Bocke gestützt. Die Breite des letzteren (Fig. 49 bis 51) genügt zur Auflagerung der Rückwand eines zweiten Ofens. Diese Art der Con-

Fig. 50. Fig. 51.



Verticalschnitt

nach *EF* (Fig. 47). nach *DC* (Fig. 45).

struction ist vortheilhaft, weil Raum erspart wird und weil die bei der Erwärmung des Ofens eintretende Ausdehnung in keiner Weise gehindert wird, der Ofen vielmehr in begrenztem Maasse Beweglichkeit erhält. Die unteren Anker, welche durch die consolförmigen Längsträger gehen, verbinden beide Oefen.

Auf den Längsträgern ruhen kastenartige Träger (Fig. 46) und auf diesen die Bodenplatten. Letztere werden an allen Seiten von Luft umspült und dadurch gekühlt. Die winkelförmigen Herdeisen sind aus Fig. 50 und 51 in Art und Lage ersichtlich. Das Mauerwerk greift, wie bei dem vorher beschriebenen Ofen, über dieselben fort. Zur Stütze des Mauerwerks ausserhalb des Herdes, also in der Feuerung, der Feuerbrücke und der Fuchsbrücke dienen eiserne Consolen (Fig. 45 und 46) [1]. Die Esse besitzt an der dem Ofen abgelegenen Seite (Fig. 48) zwei Oeffnungen, deren obere zum Reinigen des Fuchses dient, während aus der unteren die Schlacke abfliesst. Der obere Theil der

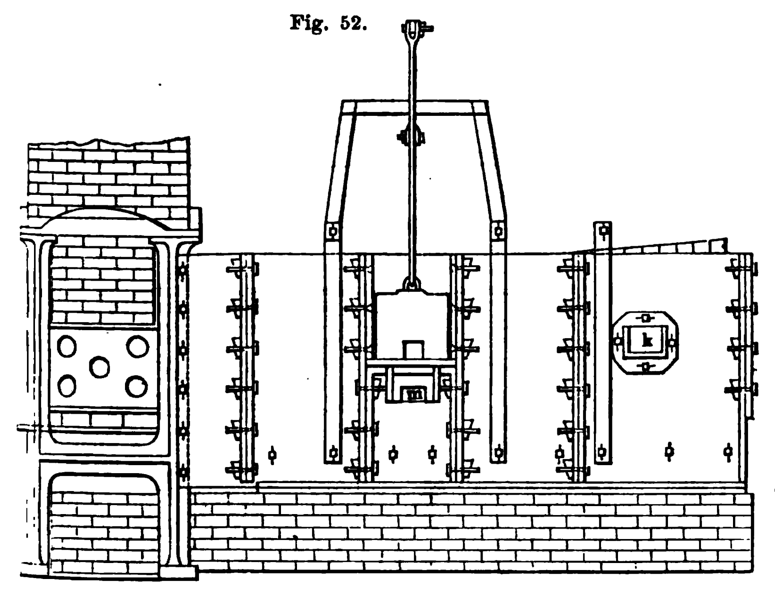
---

[1] Es sei hier bemerkt, dass die Gusswaaren jeder Ofenseite (Fig. 47) 7366 Kg, die Schmiedeisenarmaturen 762 Kg wiegen sollen.

Esse ruht auf einem durch eiserne Ständer getragenen Rahmen und ist dadurch von dem unteren, häufigeren Reparaturen unterworfenen und daher grössere Zugänglichkeit erfordernden Theile unabhängig gemacht. Der von unten durch einen Draht bewegliche Dämpfer oder Temper, eine an einem zweiarmigen Hebel hängende flache, in Fig. 48 geöffnet und in punktirten Linien geschlossen gezeichnete Klappe, regulirt den Zug des Ofens.

Endlich ist in Fig. 52 bis 56 ein mit Wasserkühlung versehener Ofen dargestellt, welcher sich zu Blaina in Südwales befindet[1]. Der

Fig. 52.

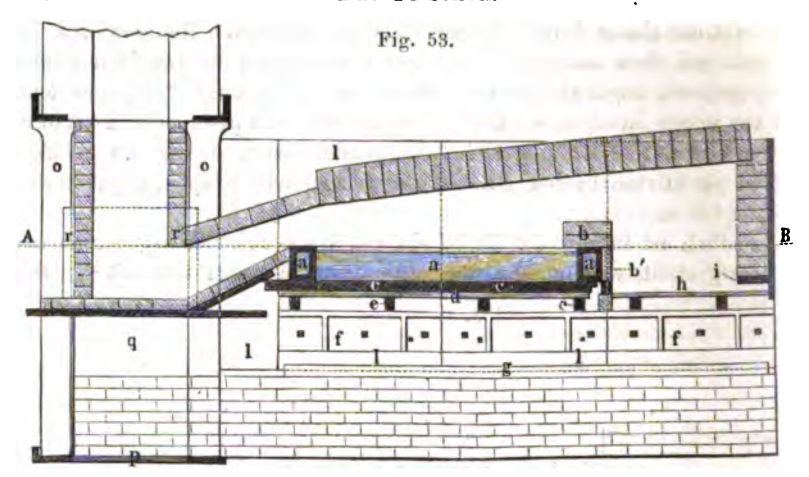


Vorderansicht.

Ofen gleicht im Allgemeinen dem zuletzt beschriebenen, nur wird auch die Hinterseite von Mauerwerk getragen. Auf den beiden Mauern ruhen die Unterlagsplatten g, auf diesen die Ofenwandplatten l und an letzte sind die Consolen f angeschraubt. Die Querbalken e aus Gusseisen tragen Längsbalken d aus Schmiedeisen und auf diesen ruhen die vier Bodenplatten c. Die Herdeisen a sind hohle Gussstücke, welche durch schmiedeiserne Röhren mit einander und mit dem Wasserbehälter verbunden werden, um dem Kühlwasser die Circulation um den Herd zu gestatten. Uebrigens liegen hier an den abgeschrägten Theilen (n), an der Fuchsbrücke und an der Vorderseite neben der Arbeitsöffnung, nur ungekühlte gusseiserne Platten. Das Mauerwerk greift, wie bei den vorherbeschriebenen Beispielen, über die Herdeisen und ruht an der Feuerung direct auf den Consolen f.

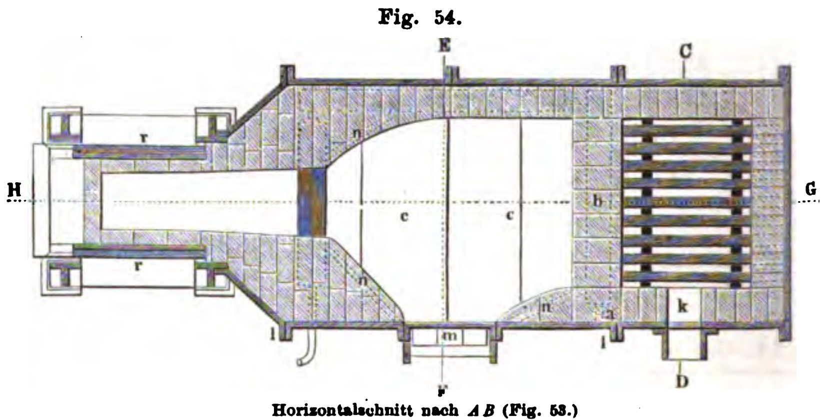
[1]) Percy, Iron p. 650.

Fig. 53.



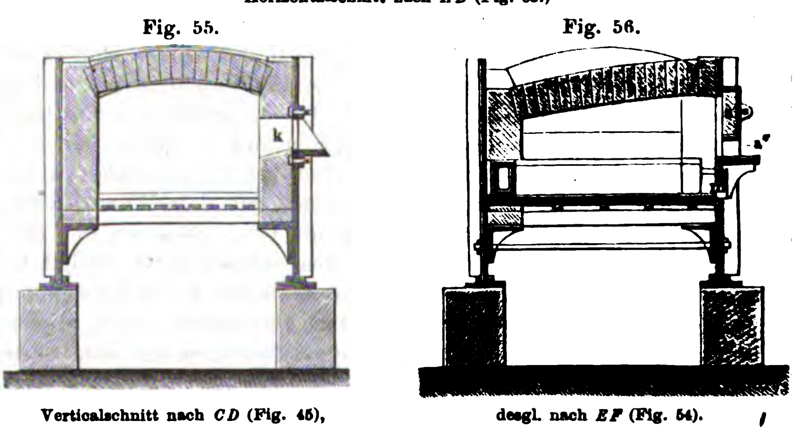
Verticalschnitt nach *HG* (Fig. 54).

Fig. 54.



Horizontalschnitt nach *AB* (Fig. 53.)

Fig. 55. Fig. 56.



Verticalschnitt nach *CD* (Fig. 45), desgl. nach *EF* (Fig. 54).

Zoll engl. 12 6 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 Fuss e

dmeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

Maassstab für die Figuren 52 bis 56.

Das Brennmaterial wird auf dem aus schmiedeisernen Stäben gebildeten Roste *h* verbrannt. Zur Reinigung dient die Oeffnung, welche von dem Träger *i* in der Seitenmauer gebildet wird. Die feuerfesten Steine *b'* dienen zum Schutze der Feuerbrücke nach der Feuerung zu. Oben ist das Herdeisen mit zwei flachen Lagen von Steinen (*b*) abgedeckt. *k* ist die Feuerthür, *m* das Schlackenloch, *a'* die mit der Arbeitsöffnung *a''* versehene Einsatzthür. Die Esse ruht auf der Grundplatte *p*, auf der die vier den oberen Theil tragenden Ständer *o* befestigt sind. Die eigentliche Sohle des Essenraums wird durch eine mit feuerfesten Steinen bedeckte gusseiserne Platte gebildet, welche unter sich den freien Raum *q* lässt. Seitwärts ist der untere Theil der Esse durch die Platten *r* zusammengehalten.

Nachdem so an Beispielen die Verbindung der einzelnen Theile eines Puddelofens erklärt ist, wird eine kritische Besprechung anderer gebräuchlicher Constructionen und deren Abweichungen auch ohne Zeichnungen verständlich sein.

Der Herd.

Horizontalquerschnitt. Der Horizontalquerschnitt des Herdes ist bedingt von der Zugänglichkeit durch die Arbeitsthür vermittelst der angewendeten Gezähe und von der Feuerführung. Das wichtigste Instrument für das Puddeln ist die Kratze, diese muss alle Theile des Herdes berühren können. Da sie nur durch eine enge Oeffnung eingeführt wird, so muss sich die horizontale Form des Herdes mehr oder minder einem Kreisausschnitt nähern, dessen Mittelpunkt an dieser Oeffnung liegt. Da indessen die Feuer- und Fuchsbrücke aus Constructionsrücksichten am zweckmässigsten geradlinig angelegt werden, so entsteht eine Form, welche einen Kreisausschnitt bildet, dessen Ecken durch zwei dem mittleren Radius parallele Linien abgestumpft sind. In der That nähert sich die wirkliche Form der Puddelöfen auch mehr oder weniger dieser Figur. Besonders ist bei der Construction darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Abschrägungen der Vorderseite des Herdes, welche zur Arbeitsthür führen, keinen zu spitzen Winkel mit der Vorderfront des Ofens bilden, weil sonst Stellen entstehen, die für die Kratze unzugänglich sind. Man hat, um solchem Uebelstande abzuhelfen, zuweilen (z. B. früher allgemein in Oberschlesien) zwei Arbeitsöffnungen angelegt, deren kleinere nach dem Fuchse zu gelegen, nur zur Unterstützung der Arbeit an den schwer zugänglichen Stellen diente. Der Nachtheil indessen, der aus dem vermehrten Luftzutritt und der damit zusammenhängenden Abkühlung entsteht, überwiegt den Vortheil und lässt die Anlage zweier Thüren nicht räthlich erscheinen. Nur da, wo man sehr grosse Luppen [1])

---

[1]) Derartige Luppen werden z. B. von Borsig zur Erzeugung schweissnahtfreier Dampfkesselbleche bis zur Grösse von 1200 Kg erzeugt.

herstellt, sind zwei, auch drei nahe an einander liegende Arbeitsthüren unentbehrlich, um das Zusammenarbeiten mehrerer Arbeiter zu gestatten.

Der Regel nach liegen die Arbeitsöffnungen des Puddelofens nur an einer Seite und man stellt je zwei Oefen mit der dann undurchbrochenen Rückseite gegen einander. In einzelnen Fällen hat man indessen auch Doppelpuddelöfen angelegt, d. h. solche, bei denen sich an den zwei entgegengesetzten Seiten Arbeitsthüren befinden. Bei diesen Oefen kann der Herd allerdings um das Doppelte verbreitert werden; sie haben den Vorzug einer grösseren Production bei verhältnissmässig geringerem Verbrauch an Brennmaterial, aber dagegen auch die meist überwiegenden Nachtheile einer ungleichmässigen Eisenerzeugung und eines grösseren Eisenabbrandes. Aus diesen Gründen haben sie sich nur auf wenigen Hüttenwerken [1]) eingebürgert.

Verticalschnitt. Der Herd selbst wird muldenförmig hergestellt, da sich bei dieser Form am leichtesten etwa entstehende Ansätze auffinden und beseitigen lassen. Das Gewölbe wird über den Herd mit Neigung zur Fuchsbrücke gezogen, um die Flamme auf das zu erhitzende Material zu drücken. Die Tiefe des Herdes richtet sich weniger nach der Menge des einzuschmelzenden Roheisens als besonders nach der Menge der Schlacke, welche bei der Arbeit im Ofen bleiben soll.

Absolute Grösse des Herdes. Während nach dem Vorhergehenden die Tiefe des Herdes durch die Schlackenmenge, die Breite (von Arbeitsthür bis Rückwand) durch die Art der Arbeit bedingt wird, hängt die Länge von der Roheisenmenge ab, welche verarbeitet werden soll.

Die Tiefe schwankt der Regel nach zwischen 15 bis 20 cm, geht bei Oefen, welche nur zum Puddeln auf Sehneneisen benutzt werden, bis auf 13 cm hinab und steigt bei solchen, welche nur zum Stahlpuddeln dienen, zuweilen auf 40 cm. Die Länge des Herdes beträgt bei dem mittleren Einsatz von 150 bis 200 Kg [2]) Roheisen durchschnittlich 1·6 m und schwankt zwischen den Grenzen von 1·2 und 2 m. Die Breite von der Arbeitsthür an gerechnet ist bei einfachen Oefen gewöhnlich höchstens gleich der Herdlänge, meist nur $^5/_8$ bis $^3/_4$ derselben, bei Doppelöfen 2 m und darüber. Die Fuchsbrücke erhält $^1/_4$ bis $^1/_3$ dieser Breite, die Feuerbrücke $^3/_4$ derselben.

Im Allgemeinen vergrössert man die Länge des Herdes bei langflammendem, die Breite des Herdes bei kurzflammendem Brennmaterial und richtet die Tiefe so ein, dass die Schicht des geschmolzenen Eisens 26 bis höchstens 30 mm Dicke nicht überschreitet.

Das Gewölbe liegt an der Feuerbrücke durchschnittlich 76 bis 80, an der Fuchsbrücke 48 bis 60 cm über der Sohlplatte des Schlackenherdes, der in der Mitte mindestens 2·6 bis 4 cm Dicke erhält.

---

[1]) Z. B. Motala in Schweden, Buchscheiden in Kärnthen u. s. w. — [2]) Nur für Doppelöfen bis 400 Kg.

Urbin [1]) giebt folgende praktische Regeln an:

Dimensionen des Puddelofenherdes für sehniges Eisen: Länge 1·5 m, Breite in der Mitte 1·3 m, an der Feuerbrücke 0·8 m, an der Fuchsbrücke 0·5 m, Querschnitt des Herdes 15 000 □ cm und nach Abzug eines 80 mm starken Futters 11 480 □ cm. Bei 225 Kg Einsatz erhält man dann eine 26 mm starke Eisenschicht. Tiefe unter der Oberkante der Arbeitsplatte 196 mm, unter den Herdeisen 235 mm.

Dimensionen für Korneisen: Länge 1·3 m, Breite in der Mitte 1·2 m, an der Feuerbrücke 0·8 m, an der Fuchsbrücke 0·5 m, Querschnitt des Herdes 12 565 und nach Abzug des Futters 9045 □ cm. Die Eisenschicht wird 30 mm stark. Die Tiefe unter der Oberkante der Arbeitsplatte beträgt 256 mm, unter den Herdeisen 290 mm.

Das Ofengewölbe muss die Flamme gegen die Arbeitsthür und nach der Sohle hinführen und erhält in der Mitte eine Höhe über dem Herde für sehniges Eisen von 560, für Korneisen von 680 mm.

Beispiele von Herddimensionen.

Puddelofen mit Steinkohlenfeuerung.

Nr. 1. Zône in Belgien. Länge des Herdes 1·60 m, Breite 1·60 m, (hiervon 0·5 m hinter der die Enden der Feuer- und Fuchsbrücke verbindenden Linie), Feuerbrücke 1·15 m, Fuchsbrücke 0·60, Herdtiefe 15 bis 20 cm.

Nr. 2. Ebbw Vale in Südwales. Länge des Herdes 1·676 m, Breite 1·07 m, an der Feuerbrücke 0·914 m, Tiefe des Herdes unter der Herdeisenkante 0·228 m, unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·406 m, unter der Oberkante der Fuchsbrücke 0·280 m, Höhe des Flammenloches bis zum Gewölbescheitel 0·381 m, des Fuchsloches 0·228 m.

Nr. 3. Victoria in Südwales. Puddelofen für Sehneisen: Länge des Herdes 1·778 m, Breite 1·219 m, an der Feuerbrücke 1·117 m, an der Fuchsbrücke 0·686 m, Tiefe des Herdes unter der Arbeitsschwelle 0·203 m, unter der Fuchsbrücke 0·203 m, Gewölbescheitel über dem Herde an der Arbeitsthür 0·609 m, an der Fuchsbrücke 0·457 m.

Nr. 4. Victoria in Südwales. Puddelofen für Stahl: Länge des Herdes 1·625 m, Breite 1·371 m, an der Feuerbrücke 0·990 m, an der Fuchsbrücke 0·686 m; Tiefe des Herdes unter den Herdeisen 0·241 m, unter der Oberkante der Feuer- und Fuchsbrücke 0·292 m, unter dem Gewölbe an der Arbeitsthür 0·635 m. Die mittlere der drei Herdplatten ist hier der Quere nach in zwei Hälften getheilt.

Nr. 5. Abersychan in Südwales. Länge des Herdes 1·905 m, Breite 1·371 m, Tiefe unter der Feuerbrücke 0·419 m, unter der Fuchs-

[1]) Kerpely, Fortschritte 1868, S. 173.

brücke 0·190 m, unter dem Gewölbe an der Feuerbrücke 0·724 m, an der Fuchsbrücke 0·444 m.

Nr. 6. Königshütte in Oberschlesien. Gaspuddelofen (1855): Länge des Herdes 1·883 m, Breite 1·177 m; Feuerbrücke 0·915 m, Fuchsbrücke 0·405 m; 2 Thüren von 0·418 und 0·235 m Breite; Herdtiefe von der Bodenplatte bis Oberkante der Herdeisen 0·183 m, bis Oberkante der Feuerbrücke 0·235 m, bis zum Gewölbescheitel 0·615 m.

Nr. 7. Königshütte in Oberschlesien. Puddelofen mit Planrostfeuerung: Länge des Herdes 1·831 m; Breite an der Hauptarbeitsthür 0·942 m, an der Hülfsthür 0·706 m, zwischen beiden 0·628 m, an der Fuchsbrücke 0·392, an der Feuerbrücke 0·915 m; Tiefe (der Herdplatte) unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·288 m, unter der Arbeitsschwelle 0·209 m, unter dem Gewölbe an der Hauptthür 0·654 m, an der Hülfsthür 0·575 m, Stärke des Schlackenherdes 0·131 m.

Nr. 8. Königshütte in Oberschlesien. Puddelofen mit Planrostfeuerung, neuere Construction: Länge des Herdes 1·73 m; Breite an der Feuerthür 1·2 m, Feuerbrücke 0·93 m, Fuchsbrücke 0·57 m[1]); Tiefe der Herdplatten unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·43 m, der Fuchsbrücke 0·26 m, unter dem Scheitel des Gewölbes an der Feuerbrücke 0·75 m, an der Fuchsbrücke 0·50 m.

Nr. 9. Königshütte in Oberschlesien. Puddelofen mit Treppenrost: Länge des Herdes 1·831 m; Breite 0·942 m, an den Arbeitsthüren 1·177 m, an der Feuerbrücke 1·098 m, an der Fuchsbrücke 0·418; Tiefe der Herdplatten unter der Feuerbrückenoberkante 0·288 m, unter dem Scheitel des Gewölbes an der Hauptthür 0·628 m, an der Fuchsbrücke 0·392 m.

Nr. 10. Baildonhütte in Oberschlesien. Länge des Herdes 1·726 m; Breite 0·942 m; Tiefe unter der Feuerbrücke 0·235 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·523 m.

Nr. 11. Pielahütte in Oberschlesien. Länge des Herdes 1·648 m; Tiefe unter der Oberkante der Herdeisen 0·262 m, unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·418 m, unter der Oberkante der Fuchsbrücke 0·392 m, unter dem Gewölbe an der Feuerbrücke 0·732, an der Fuchsbrücke 0·667 m.

Nr. 12. Hörde in Westfalen. Puddelofen mit Steinkohlenfeuerung und Unterwind: Länge des Herdes 1·3 m; Breite 1·2 m; Feuerbrücke 0·9 m, Fuchsbrücke 0·6 m; Tiefe der Herdplatten unter der Herdeisenoberkante 0·3 m, unter der Feuer- und Fuchsbrückenoberkante 0·35 m, unter dem Gewölbe an der Fuchsbrücke 0·63 m, an der Feuerbrücke 0·75 m.

Nr. 13. Horst bei Steele in Westfalen. Länge des Herdes 1·608 m; Breite 1·412 m, an der Feuerbrücke 0·942 m, an der Fuchs-

---

[1]) Der Fuchs steigt etwas an und mündet in einen vertical niederführenden Zug, welcher sich an den unterirdischen Hauptkanal anschliesst.

brücke 0·392 m; Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·418 m, unter der der Fuchsbrücke 0·314, unter dem Scheitel des Gewölbes an der Feuerbrücke 0·706 m, an der Fuchsbrücke 0·471 m.

Nr. 14. Eschweiler Aue in Rheinland. Länge des Herdes 1·491 m; Breite 1·255, an der Feuerbrücke 0·994 m, an der Fuchsbrücke 0·392 m; Tiefe unter der Arbeitsschwelle 0·262 m, unter der Feuerbrücke 0·340 m, unter der Fuchsbrücke 0·288 m, unter dem Gewölbescheitel 0·732 m.

Nr. 15. Seraing in Belgien. Länge des Herdes 1·42 m, Breite 1·40 m, Feuerbrücke 0·86 m, Fuchsbrücke 0·51 m; Tiefe unter den Herdeisen 0·235 m, 0·337 m unter der Feuer- und 0·33 m unter der Fuchsbrücke, unter dem Gewölbe an der Fuchsbrücke 0·64 m, an der Feuerbrücke 0·69 m.

Nr. 16. Loire-Departement. Stahlpuddelöfen: Länge des Herdes 1·5 bis 1·6 m, Breite 1·35 bis 1·40 m, Tiefe der Herdplatten unter den Oberkanten der beiden Brücken 0·35 bis 0·40 m, unter dem Gewölbe in der Mitte 0·65 bis 0·70 m, am Fuchs 0·55 bis 0·60 m, Schlackensohlenstärke 0·10 bis 0·15 m.

Puddelöfen mit Braunkohlenfeuerung.

Nr. 17. Neuberg in Steyermark. Länge des Herdes 1·843 m, Breite 1·343 m, an der Feuerbrücke 1·079 m, an der Fuchsbrücke 0·79 m; Tiefe 0·223 m, unter dem Gewölbe in der Mitte des Herdes 0·658 m, an der Feuer- und Fuchsbrücke 0·46 m.

Nr. 18. Prävali in Kärnthen. Doppelpuddelofen: Länge des Herdes 2·054 m; Breite 2·317 m, an der Feuerbrücke 1·316 m, an der Fuchsbrücke 0·632 m; Tiefe unter den Herdeisen 0·158 m, unter der Feuerbrücke 0·316 m, unter der Arbeitsschwelle 0·263 m; unter dem Gewölbe in der Mitte des Herdes 0·711 m, an der Feuerbrücke 0·632 m, an der Fuchsbrücke 0·421 m.

Puddelöfen mit Torffeuerung.

Nr. 19. Eberau in Oesterreich. Länge 1·817 m; Breite 1·343 m, an der Feuerbrücke 0·948 m, an der Fuchsbrücke 0·526 m. Tiefe der Herdplatten in der Mitte des Herdes unter dem Scheitel des Gewölbes 0·684 m.

Nr. 20. Buchscheiden in Kärnthen. Doppelpuddelofen mit Torfgasfeuerung: Länge des Herdes 2·028 m; Breite 1·896 m, Feuerbrücke 0·948 m, Fuchsbrücke 0·421 m; Tiefe des Herdes unter der Oberkante der Herdeisen 0·210 m, unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·316 m, unter dem Gewölbe an der Feuerbrücke 0·632 m, an der Fuchsbrücke 0·447 m.

Puddelöfen mit Holzfeuerung.

Nr. 21. Villette in Frankreich. Länge des Herdes 0·75 m; Breite 1·13 m, Feuerbrücke 0·78 m, Fuchsbrücke (welche den Hauptherd von einem Vorwärmherde trennt) 0·32 m; Tiefe unter den Herdeisen 0·2 m, unter dem Gewölbe 0·58 m.

Nr. 22. Buchscheiden in Kärnthen. Doppelpuddelofen mit Holzgasfeuerung: Länge des Herdes 1·975 m; Breite 1·843 m, an der Feuerbrücke 0·948 m, an der Fuchsbrücke 0·526 m; Tiefe der Herdplatten unter den Herdeisen 0·210 m, unter dem Gewölbescheitel an den Arbeitsthüren 0·711 m.

Die Herdbegrenzungen. Die Herdbegrenzung wird durch die Herdeisen (Legeisen) gegeben. Man wendet unter der Feuer- und Fuchsbrücke jetzt stets Kühlung an, meist aber auch an der Rück- und Vorderseite, mit Ausnahme der Stelle unter der Arbeitsthür. Die Kühlung geschieht durch Luft oder durch Wasser. Letzteres ist vorzuziehen, weil man durch die Geschwindigkeiten, welche man dem Wasserstrom giebt, die Abkühlung ganz in der Hand hat. Nach Siemens[1]) braucht ein Ofen 11·3 Kg Wasser pr. Minute, wenn eine Erhitzung um 22·2° C. stattfindet, wodurch ein Aufwand von 15 100 Wärmeeinheiten pr. Stunde entsteht, der etwa einem Mehrverbrauch von 4 bis 5 Kg Steinkohle entspricht. Diese Rechnung, selbst wenn der Kohlenverbrauch um die Hälfte zu gering veranschlagt worden wäre, zeigt doch, dass der Mehraufwand an Brennmaterial in keinem Verhältnisse zu den grossen Vortheilen steht, welche eine lange Erhaltung der Herdeisen mit sich bringt.

Der Regel nach stellt man die Herdeisen in Form viereckiger Kanäle aus Gusseisen her. Zuweilen versieht man sie mit getrennten Deckeln. Früher goss man häufig schmiedeiserne Rohre in Gusseisen ein [2]).

Es ist auch Wasser aus gelochten Röhren einfach in die Herdeisen eingespritzt worden. Der Zweck kann hiermit ebenfalls erreicht werden, aber die Einrichtung ist entschieden unvollkommener.

Am besten ist die Einrichtung so zu treffen, dass die Herdeisen in zwei Hälften gekühlt werden. Man lässt das Wasser durch zwei Rohre an der Mitte der Hinterwand in die beiden dort zusammenstossenden Abtheilungen eintreten und die beiden erwärmten Wasserströme neben der Thür austreten. Das durch kleine Rohre ausfliessende Wasser muss stets für die Arbeiter sichtbar sein. Man giebt ihm daher einen einige Centimeter hohen freien

---

[1]) On Puddling Iron by C. W. Siemens 1868, p. 18: 25 lbs per minute, heated 40° Fahr., represent 60 000 units of heat per hour. — Als Wärmeeinheit wird im Folgenden stets diejenige Wärmemenge bezeichnet werden, welche erforderlich ist um 1 Kg Wasser von 0° auf 1° C. zu erhitzen. — [2]) Aehnlich wie dies für Wasserformen Abth. II, S. 178 beschrieben wurde.

Fall, fängt es durch Trichter wieder auf und leitet es dann zu den Reservoirs, in welchen es zu abermaligem Gebrauche abgekühlt wird. Die Beobachtung durch den Arbeiter ist nothwendig, erstens um jede Unterbrechung des Wasserstroms erkennen und dem Uebelstande sofort abhelfen zu können, zweitens um die Temperatur jederzeit leicht messen oder wenigstens durch das Gefühl der Hand schätzen zu können.

Wendet man Luftkühlung an, so wird ebenfalls ein getheilter Kanal benutzt, man lässt aber die Luft durch die Vorderseite des Ofens eintreten und verbindet das Ende der Kanäle an der Rückseite mit kleinen Blechessen, durch deren Höhe der Zug einigermaassen regulirt werden kann.

Oefen mit doppelten, ganz gekühlten Wänden sind vorgeschlagen [1]), aber durchaus unpraktisch erfunden worden.

Der Schlackenherd. Der Herd selbst besteht, mit Ausnahme des beim Trockenpuddeln angewendeten, stets aus Schlacke. Als Material dazu bedient man sich der Schweissschlacke und der Puddelgarschlacke, welche an sich schwer schmelzbar sind und deren Schmelzpunkt noch durch Vermischung mit Hammerschlag, Walzsinter, selbst mit kleinen Eisenstückchen erhöht wird. Seltener wird Rotheisenstein oder das aus ausgelaugten Schwefelkiesrückständen [2]) erhaltene Eisenoxyd für sich oder mit Schlacke vermischt benutzt. Dagegen werden die zuletzt erwähnten Substanzen, ebenso wie die durch Röstung und Saigerung gereinigte Rohschlacke [3]) vielfach zum Aussetzen der Ränder des Herdes gebraucht, wie dies weiter unten noch näher besprochen werden wird.

Der muldenförmige Schlackenherd erhält in der Mitte mindestens 2·6 bis 4, der Regel nach 10 bis 12, oft auch 13 bis 15 cm Stärke, am Rande 2 bis 3 cm mehr. Er wird folgendermaassen hergestellt: Die eisernen Bodenplatten und die Herdeisen werden mit nassem Thon oder einem breiigen Gemenge von Thon und Sand überstrichen. Ist diese Schicht getrocknet, so werden die kleingeschlagenen [4]) Puddelschlacken aufgeschüttet und zwar hauptsächlich an den Rändern.

Man schmilzt nun bei starker Hitze ein und ebnet die Schlacken mit einer eisernen Kratze, alle ungeschmolzenen Theile aufbrechend bis das Ganze in einen teigigen Fluss gekommen ist. Das Bad bedeckt die Sohle der Regel nach etwa 8 cm hoch. Nun wird das Ganze mit Hammerschlag, Schweissofenschlacke und anderen schwerschmelzigen Schlacken überschüttet, auch werden Drehspäne und andere kleine Schmiedeisen-

---

[1]) Z. B. von Ross, Mechanics Journ. 1868, S. 147, und Dingler's Polyt. Journ. Bd. 190, S. 102. — [2]) *Purple ore*; Vergl. Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. 19, Jahrg. 1871, S. 298. — [3]) Vergl. Abtheilung I, S. 573. — [4]) Am besten wallnussgross; oft werden sehr grosse Stücke, bis faustgross und darüber eingesetzt, was jedenfalls die Arbeit verlangsamt und daher nicht vortheilhaft ist.

theile aufgegeben; nachdem die Thüren fest verschlossen und verschmiert sind, wird das Feuer zu möglichst hoher Hitze angefacht. In 6 bis 10 Stunden erhält man wieder eine ziemlich teigige Flüssigkeit. Die Arbeitsthür wird geöffnet und mit der Kratze und spitzen Brechstange die in Folge des Luftzutritts allmälig erstarrende Schlacke in die entsprechende Muldenform gebracht. Vor der letzten Operation werden bisweilen grössere Stücke von Rotheisenerz, ausgesaigerter Rohschlacke u. dergl. m. an den Rand gelegt und mit der Schlacke überdeckt. Der Herd muss nunmehr eine ganz glatte Oberfläche zeigen und bildet in diesem Zustande eine vorzügliche Unterlage für den Puddelprocess, auf welcher trotz ihrer oberflächlichen Erweichung jeder noch so geringe Ansatz von Eisen zu bemerken ist. Ein gut hergestellter Herd bedarf zwar nach jeder Hitze kleinerer Reparaturen, dauert aber im Ganzen mehrere Monate aus.

Verbindung der Ofenwände mit den Herdeisen. Eine nicht ganz unwesentliche Verschiedenheit findet man in der Construction der Rückwand und der Theile der Vorderwand, welche neben der Thür liegen. Entweder nämlich werden diese Wände für sich aufgeführt und die Herdeisen springen dann in den Ofenraum vor, oder die Wände werden direct auf den Herdeisen emporgeführt, oder man lässt — wie dies die Figur 35 zeigt — die Ofenwände frei über die Herdeisen fortragen. Die erste dieser drei Einrichtungen gestattet zwar eine leichte Auswechselung der Herdeisen sammt dem Herde, aber die Flammenführung ist sehr ungünstig und die Herdeisen werden stark angegriffen. Die zweite Art erschwert eine Auswechselung während des Betriebes. Die dritte ist daher die empfehlenswertheste Construction.

Die Feuerung.

Allgemeine Regeln für die Anlage der Feuerung der Puddelöfen zu geben, ist deshalb schwierig, weil jede Art von Brennmaterial eine andere Construction erfordert. Die Aufgabe bei der Construction einer jeden Puddelofenfeuerung ist dreifach; erstens soll sich der Process in möglichst kurzer Zeit bei dem geringsten Brennmaterialaufwande durchführen lassen, zweitens muss es zur Erzielung eines möglichst günstigen Verlaufs in der Hand des Puddlers liegen, die verschiedenen Temperaturänderungen, welche die Arbeit erfordert, leicht und ohne Zeitverlust hervorzurufen; endlich muss sich die Beschaffenheit der Flamme so reguliren lassen, dass sie bald oxydirend wirkt, bald durch Ueberschuss an Kohlenoxyd und Kohlenstoff reducirende Eigenschaften besitzt.

Man kann drei Hauptarten von Feuerungen unterscheiden: solche die für directe Verbrennung stückförmiger Brennmaterialien dienen, solche die für directe Verbrennung pulverförmiger Brennmaterialien benutzt werden, und solche, welche die festen Brennmaterialien vergasen, also mit Kohlenoxydbildung wirken. Zwischen diesen drei Arten finden sich zahlreiche Uebergänge.

a. Feuerung für stückförmige Brennmaterialien.

Die Verbrennung der stückförmigen Brennmaterialien geschieht der Regel nach auf ebenen Rosten (Planrosten), welche aus horizontal neben einander liegenden Roststäben gebildet werden. Die Roststäbe, welche von zwei oder drei Rostbalken getragen werden, liegen der Längsaxe des Ofens parallel (siehe Fig. 30); man kann sie bei einer solchen Lage behufs der Reinigung bequem von der kürzeren Seite des Ofens aus hinausziehen. Sie bestehen der Regel nach aus Schmiedeisen und es wird für sie das Ausschusseisen des Walzwerks benutzt. Gewöhnlich wird Flacheisen angewendet und die Stäbe liegen mit der breiteren Seite auf. Sollen sie hochgestellt werden, was für ihre Haltbarkeit vortheilhafter erscheint, so verbindet man mehrere, meist drei oder vier, durch Bolzen mit einander, da sie sonst ihre Stellung nicht beibehalten, sondern umkippen würden. Die zuletzt genannte Anordnung wirkt übrigens auch günstiger für die Verbrennung, da die Rostspalten (deren Summe man die freie Rostfläche nennt) im Verhältniss zu der von den Stäben eingenommenen (festen) Rostfläche bei gleichem Querschnitte der Stäbe grösser ausfallen, als wenn die letzteren flach liegen. Die freie Rostfläche wird in der Regel für Steinkohlen zu $^1/_4$ der ganzen Rostfläche angenommen, für Holz und Torf nur zu $^1/_5$ bis $^1/_7$. Die Breite der Rostspalten kann für Koks am grössten (bis 26 mm) genommen werden, schwankt für stückige Stein- und Braunkohlen sowie für Torf zwischen 8 und 17 mm und wird für Holz zu 6 bis 8 mm gewählt.

Für gute Steinkohlen giebt man 13 mm breite Rostspalten. Das Flacheisen kann demnach 39 mm Breite erhalten. Das Freilager zwischen den Rostbalken beträgt hierbei 60 bis 63 cm. Wendet man Quadrateisen an, so giebt man den Stäben nur 26 bis 33 mm Seite.

Alle schmiedeisernen Stäbe werfen sich und müssen daher öfters (alle 12 Stunden einmal) gewendet werden. Sie werden durch Oxydation schneller abgenutzt, als gusseiserne Stäbe, sind aber bei roher Behandlung, namentlich auch bei wiederholtem Abschlacken nicht so dem Zerbrechen ausgesetzt und ausserdem in einem Walzwerke am leichtesten zu ergänzen.

Fig. 57.

Sollen gusseiserne Stäbe angewendet werden, so wählt man am besten die einfache keilförmige Gestalt und giebt ihnen auf der Oberfläche eine Aschenrinne, wie dies nebenstehende Fig. 57 zeigt[1]). Sie erhalten als Höhe die fünffache obere Breite und verjüngen sich nach unten um $^1/_2$ bis $^3/_4$. Die Spaltenweite wird durch angegossene Nasen begrenzt, welche auf den Rostträgern aufliegen und etwa $^2/_3$ der oberen Breite des

[1]) Scholl, Führer des Maschinisten 1864, S. 47.

Roststabes hoch werden. Andere complicirte Arten, welche bei den sorgfältiger bewarteten Dampfkesselfeuerungen nicht selten zur Anwendung kommen, pflegen bei Puddelöfen nicht benutzt zu werden, obwohl man dies nur als einen Beweis ansehen darf, dass nicht die gehörige Sorgfalt auf diesen Theil der Puddelöfen verwendet wird [1]).

Mit Vortheil giebt man bei stark flammenden Steinkohlen dem Roste ein geringes Ansteigen nach der Feuerbrücke zu (ca. 2 bis 3 cm), und erreicht dadurch eine sich verringernde Brennmaterialhöhe, welche günstig auf Rauchverbrennung wirkt.

Unter dem Roste befindet sich ein hinreichend tiefer Raum zur Ansammlung der Asche und der durch die Rostspalten fallenden Schlacken-, Kohlen- und Kokstheilchen. Die letzteren bestehen meist in sehr schwer verbrennbaren Stückchen und werden Zünder (*cinders*) genannt. Es hängt wesentlich von der Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit des Arbeiters ab, wie viel unverbranntes Brennmaterial durch den Rost gelangt und es ist daher eine sehr schlechte Einrichtung, wenn den Arbeitern die freie Benutzung des so erhaltenen Brennstoffes gestattet wird. Um die Reinigung des Rostes zu erleichtern, macht man zuweilen den vorderen Rostbalken beweglich, d. h. man verbindet ihn mit kurzen um eine Welle drehbaren Knaggen. Bei der Umdrehung der letzteren sinkt der Rostbalken um einige Centimeter und die Roststäbe nehmen eine geneigte Lage nach aussen zu an, in welcher sie sich nunmehr leicht reinigen lassen.

Das Verhältniss des Rostes zur Herdfläche pflegt 1 : 2 bis 1 : 2·5 zu sein. Je mehr mit reducirender Flamme gearbeitet werden soll, um so höher muss die Kohlensäule sein, um so kleiner muss daher die Rostfläche ausfallen. Aus diesem Grunde wählt man für Stahlpuddelöfen das Verhältniss von 1 : 2, oder verkleinert den Rost, wenn derselbe Ofen angewendet werden soll, in welchem auch Eisen gepuddelt wird, durch Auflegen einer Reihe feuerfester Steine am Fusse der Feuerbrücke.

Die absoluten Dimensionen des Rostes liegen der Regel nach zwischen 0·9 bis 1 m in Länge und Breite, bei einer Tiefe unter dem Gewölbe von 0·60 bis 0·76 m, unter der Feuerbrückenoberkante von 0·37 bis 0·55 m. Bei einer solchen Grösse ist bei Steinkohlen auf eine Stärke

---

[1]) Von diesen Roststäben kommen die mit Spaltenverbreiterung durch Einschnitte wohl zuweilen bei Puddelöfen vor. Derartige Roststäbe finden sich in Scholl's Führer des Maschinisten 1873, S. 67 abgebildet. Complicirtere hohle Formen von Hall, Harrison und Anderen, welche z. B. in Kerpely's „Anlage von Eisenhütten" abgebildet sind, sowie röhrenförmige durch Luft oder Wasser (Kerpely, Fortschritte 1864, S. 216) gekühlte Stäbe haben nirgends dauernden Eingang gefunden, weil ihr Nutzen nicht ihrer Kostspieligkeit entsprach. Ebensowenig haben sich Roststäbe oder Platten von feuerfestem Thone Eingang verschafft, welche z. B. von Longridge und Mash vorgeschlagen worden sind (conf. Polytechn. Centralbl. 1866, S. 838).

der Brennmaterialschicht von ca. 10 cm gerechnet. Braunkohlen pflegt man etwas stärker, durchschnittlich 18 cm stark zu schütten, Torf 23 cm stark [1]).

Planroste werden mit Vortheil nur für stückreiche Steinkohlen angewendet und haben, da diese das am meisten verwendete Brennmaterial bilden, auch die grösste Verbreitung. Wo die Steinkohle in Stückform billig ist, empfehlen sie sich wegen ihrer Einfachheit vor allen anderen, wenn auch vollkommeneren Einrichtungen. Für Braunkohle und Torf finden sie nicht mit Vortheil und daher auch nur ausnahmsweise Anwendung.

Beispiele von Planrostfeuerungen [2]).

Für Steinkohlen.

Bromford in Südstaffordshire: Länge des Rostes 1·219 m [3]), Breite 1·219 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·457 m, unter dem Scheitel des Gewölbes [4]) 0·863 m. Zahl der Roststäbe 15, freie Rostfläche = 1/4, Tiefe des Aschenfalls 1·066.

Blaina in Südwales: Länge des Rostes 0·762 m, Breite 0·914 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·381 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·762 m, Zahl der Roststäbe 9, freie Rostfläche 1/3, Tiefe des Aschenfalls 0·914 m.

Nr. 3. Victoria in Südwales: Länge des Rostes 0·838 m, Breite 1·066 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·609 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·990 m, Tiefe des Aschenfalls 0·965 m.

Nr. 7. Königshütte in Oberschlesien: Länge des Rostes 0·942 m, Breite 0·942 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·575 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·942 m, Zahl der quadratischen Roststäbe 8, freie Rostfläche 1/4.

Nr. 8. Königshütte in Oberschlesien: Länge des Rostes, 0·80 m, Breite 0·95 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·46 m unter dem Scheitel des Gewölbes 0·785 m, Zahl der Roststäbe 10.

Nr. 14. Eschweiler Aue in Rheinland: Länge des Rostes 1·020 m, Breite 0·942 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·314 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·706 m, Zahl der Roststäbe 13, Tiefe des Aschenfalls 0·863 m.

---

[1]) Bei Dampfkesselfeuerungen giebt man auf 1 Kg in der Stunde verbrennender Steinkohle 2 qdm Gesammtfläche. Kerpely, Hüttenanlagen, S. 44. — [2]) Die vorgesetzten Nummern beziehen sich auf die Seite 141 u. f. genannten Puddelöfen. — [3]) Bei Angabe der Länge ist der Theil der Roststäbe, welcher unter der Stirnwand des Ofens hindurchreicht und zum Angreifen der Stäbe bei deren Hinausziehen aus der Feuerung dient, nicht mitgerechnet. — [4]) Hier und in den folgenden Beispielen am Ende des Ofens gemessen.

Lohe bei Siegen: Stahlpuddelofen; Länge des Rostes 0·889 m, Breite 0·889 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·418 m, unter dem Scheitel des Gewölbes 0·732 m, Tiefe des Aschenfalls 1·098 m.

Nr. 16. Loire-Departement: Stahlpuddelöfen; Länge des Rostes 0·9 bis 1·0 m, Breite 0·9 m, Tiefe unter dem Gewölbescheitel 0·60 bis 0·75 m.

Auf den Hütten des Saardistrictes haben die Feuerungen nach Urbin folgende Dimensionen [1]:

Für sehniges Eisen:	4984 qcm Fläche,	680 mm Länge,	733 mm Breite.
Für Korneisen:	6758 „ „	750 „ „	900 „ „

Die die Dicke der Kohlenschicht bestimmende Tiefe des Rostes beträgt nicht unter 350 mm und wird zweckmässig gleich 400 mm genommen. Die Breite der Feuerbrücke ist 354 mm, der Querschnitt über der Feuerbrücke der 2·5 bis 2·7te Theil der Rostfläche. Das Schürloch liegt 288 bis 290 mm über den Roststäben.

Die auf Seite 151 und 152 mitgetheilte Zusammenstellung der Ofendimensionen von 16 Puddelwerken ist der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (Band XVI, Heft 11, Seite 673) entnommen. Es ergeben sich ausser den Feuerungsdimensionen auch noch die anderen wichtigen Abmessungen der Oefen.

Die Angaben beziehen sich auf neun Oefen für gewöhnliche Stabeisendarstellung, fünf für Drahteisen und zwei für Puddelstahl. Unter den ersteren sind zwei Oefen, welche mit Vorwärmern arbeiten und ein rasch frischendes Eisen verpuddeln. Der durchschnittliche Einsatz dieser beiden Oefen beträgt 2185 Kg pr. 12 Stunden, während die übrigen sieben Oefen für Stabeisen durchschnittlich 1639 Kg einsetzen. Die Drahtöfen setzen durchschnittlich 1478 Kg ein, die Stahlöfen 1216 Kg. — Von den fünf Angaben für Zugverhältnisse ergiebt sich ein Durchschnitt von 13 mm Wassersäule. — Das durchschnittliche Verhältniss der Fuchsöffnung zur Rostfläche ist 1 : 6·84. Einzeln verglichen sind allerdings die Verhältnisse sehr verschieden, was sich durch die Art des Brennmateriales, d. h. der verschiedenen Steinkohlenqualitäten, ferner durch Gewohnheit der Arbeiter, Zugverhältnisse etc. leicht erklären lässt. Auffällig sind die grossen Differenzen der freien Rostflächen, wenn die von den Roststäben eingenommenen Flächen in Abzug kommen.

Es haben acht Oefen quadratische und ebensoviel flache Roststäbe.

---

[1] Kerpely, Fortschritte 1868, S. 173.

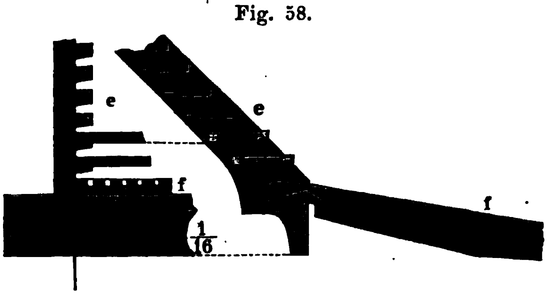
Für Braunkohlen.

Nr. 16. Neuberg in Oesterreich: Länge des Rostes 1·027 m, Breite am Ende 0·790 m, an der Feuerbrücke 0·948 m, Tiefe unter der Oberkante der Feuerbrücke 0·474 m, unter der First des Gewölbes 0·658 m, Tiefe des Aschenfalls 0·909 m.

b. Feuerung für kleinkörnige Brennmaterialien.

Die geeignetesten Roste zur Verbrennung solcher Brennmaterialien, welche bei Anwendung von Planrosten durch die Spalten fallen würden, sind die Treppenroste. Sie bestehen aus horizontal liegenden flachen Roststäben, welche derartig treppenförmig über einander angelegt sind, dass die vordere Kante des oberen die hintere Kante des unteren Stabes mehr oder minder überragt. Oft ist ein solcher Treppenrost mit einem kurzen Planroste am unteren Ende verbunden, was besonders dann empfehlenswerth ist, wenn die Kleinkohlen etwas backend sind. Die Reste

Fig. 58.



Treppenrost.

derselben kommen dann auf den Planrost als Koks von hinreichender Grösse, um nicht durch die Spalten zu fallen. Eine solche Combination ist in Fig. 58 abgebildet. *e* ist der untere Theil des Treppenrostes, *f* der etwas geneigte Planrost. Die Roststäbe lassen sich einzeln herausnehmen. Zwischen den beiden Rosttheilen ist häufig eine, auch in der Fig. 58 dargestellte, durchlochte Platte angebracht, welche aufgeklappt werden kann und dann den erforderlichen Raum zum Einführen eines Reinigungshakens liefert.

Die Anordnung der einzelnen Roststäbe eines für Braunkohlenfeuerung bestimmten Treppenrostes ergiebt sich aus der Fig. 59 (a. f. S.)

Wenn die Kohlen stark schlacken, so macht die Reinhaltung eines einfachen Treppenrostes viel Arbeit. Man hat zur Beseitigung dieses Uebelstandes mehrfache Einrichtungen vorgeschlagen, welche sich indessen nur vereinzelt Eingang verschafft haben. Die sich am meisten

an die vorher beschriebene Rostanlage anschliessende Construction ist in Fig. 60 abgebildet und wird Kipprost genannt. Die Treppenroststäbe ruhen auf den Wangenstücken *m*, die durch Bolzen *nn* fest mit einander verbunden und um die Axe *o* drehbar sind, so dass der ganze Rost in die punktirte Lage gebracht und in dieser Stellung leicht gereinigt werden kann. Den letzteren Zweck erreicht man auch durch Roste, deren Stäbe geneigt liegen (geneigte Roste) und sich abwechselnd heben und senken lassen. Derartige Roste fanden sich in grosser Mannigfaltigkeit vor einem Jahrzehnt auf dem belgischen Puddelwerke zu Sclessin bei Charleroi. Entweder vereinigt man hierbei je drei oder mehrere Roststäbe durch einen gemeinschaftlichen Rostbalken, den sie umfassen, zu einem beweglichen System, welches durch einen Hebel gehoben oder gesenkt werden kann, oder man legt eine mit Knaggen versehene drehbare Welle unter den Rost, durch welche die einzelnen Roststäbe abwechselnd gehoben werden können. Durch die Bewegung wird die zwischen den Stäben sich ansetzende Schlacke zerbröckelt und fällt leicht durch die Zwischenräume.

Fig. 59.

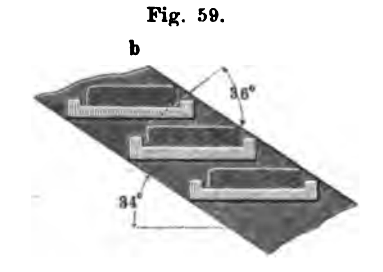
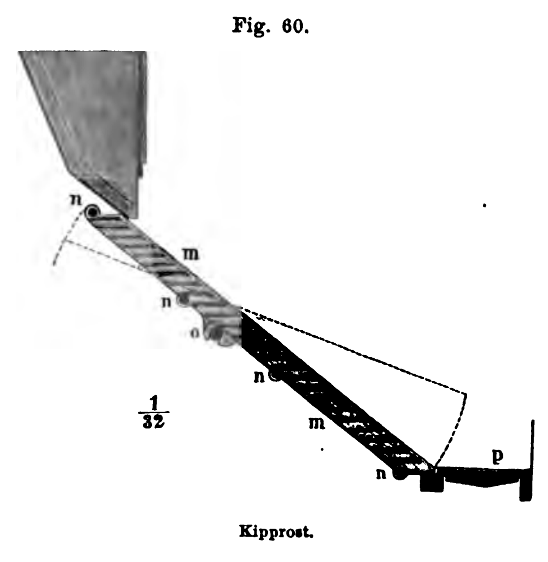


Fig. 60.



Kipprost.

Ebenso wie bei den Planrosten sind complicirte Einrichtungen welche sich bei sorgfältig bewarteter, gleichmässig beschickter Feuerung sehr wohl bewährt haben, wie der Langen'sche, Wilson'sche und Bolzani'sche Etagenrost, bei Puddelöfen kaum jemals zu dauernder Anwendung gelangt [1]).

Die Treppenroste finden ihre ausgedehnteste Anwendung für die Braunkohlenfeuerung, seltener sind sie bei Steinkohlenklein oder Torf.

---

[1]) Abbildungen dieser Einrichtungen finden sich u. A. in Kerpely's Hüttenanlagen Taf. VII.

Beispiele von Treppenrostfeuerungen.

Für Steinkohle.

Zu Königshütte in Oberschlesien wurden in den 50er Jahren vorübergehend die meisten Puddelöfen mit Treppenrosten für kleine Steinkohlen versehen. Dieselben waren mit kurzen Planrosten an ihrem Fussende verbunden. Der Treppenrost wurde von drei Rostbalken (Wangen) getragen, deren mittlerer doppelt so stark wie die äusseren, nämlich 0·052 m war. Die Roststäbe lagen quer zum Ofen und hatten je 0·418 m Länge, so dass der ganze Rost 0·940 m Breite besass. Die Neigung betrug je nach der Beschaffenheit der Kohle 32 bis 38°. Die Länge des Treppenrostes war 1·255 m, daher die horizontale Projection desselben ca. 0·445 m. Der Planrost war 0·340 m lang und ebenfalls 0·940 m breit. Jede Treppenrostabtheilung besass 9 gusseiserne Stäbe von je 0·157 Breite und 0·013 m Stärke, der Planrost 12 der Länge nach liegende Stäbe. Der Planrost lag 0·497 m unter der Oberkante der Feuerbrücke und 0·837 m unter der Gewölbefirst. Der Fuss des Treppenrostes stiess unmittelbar an den Planrost.

Bei einer zweiten Anordnung lag der Fuss des 0·785 m langen, 0·942 m breiten Treppenrostes etwa 0·209 m über dem Planroste, der seinerseits 0·511 m unter der Oberkante der Feuerbrücke angebracht war.

Für Braunkohle.

Prävali in Kärnthen. Die älteren Puddelöfen für directe Braunkohlenfeuerung hatten Treppenroste mit 8 Horizontalstäben. Die Neigung betrug 38°, die Breite 1·686 m. Die Unterkante lag 0·474 m unter der Feuerbrücke, 0·790 m unter dem Gewölbe. Das Aufgeben erfolgte von oben durch Trichter, welche beständig mit Braunkohlen gefüllt gehalten wurden.

c. Gasfeuerungen.

Obwohl die Feuerung durch vergaste Brennmaterialien [1]) in allen Beziehungen die vollkommenste ist und sich daher auch die hervorragendsten Techniker mit der Construction der dazu dienenden Anlagen eingehend beschäftigt haben, so findet dieselbe doch nur sehr langsam allgemeine Verbreitung. Dieser Umstand findet seine vorzüglichste Begründung in einem bis in die neueste Zeit weitverbreiteten Irrthume, der in der Annahme besteht, dass man zu einer guten Gasfeuerung

---

[1]) Nur feste Brennstoffe werden vergast. Petroleum ist zwar versucht, aber unter den gegenwärtigen Preisen durchaus unökonomisch.

schlechtes Brennmaterial verwenden könne. Es hat sich im Gegentheil gezeigt, dass zu einer brauchbaren Gaserzeugung das beste zu Gebote stehende Brennmaterial benutzt werden müsse. Wo man sich dieser Ueberzeugung gefügt hat, sind auch fast immer gute Resultate erzielt worden. Vor allen Dingen sind zur Gasdarstellung überhaupt nur solche Brennmaterialien zu wählen, welche schon bei der Destillation reichlich brennbare Gase entwickeln, ohne doch zu backen; daher sind bitumenreiche, nicht backende Steinkohlen (gasreiche Sinterkohlen) und paraffinreiche Braunkohlen besonders geeignet. Man hat bei ihrer Anwendung auf möglichst gleiche Stücke zu achten und thut wohl daran, eine doppelte Siebung anzuwenden, welche wallnuss- bis hühnereigrosse Stücke ohne Staub ergiebt.

Die Gasgeneratoren werden entweder mit Zugluft oder mit Gebläsewind betrieben und zwar wird der Regel nach im ersteren Falle auch Zugluft zur Verbrennung des Gasstroms, im zweiten Gebläsewind zu demselben Zwecke verwendet. Die erstere Art findet wegen ihrer einfachen Construction und der Entbehrlichkeit einer Gebläsemaschine bei weitem häufiger Anwendung als die letztere. Wird Wind angewendet, so dient zu dessen Erzeugung der Regel nach ein Ventilator oder Kapselgebläse [1]). Bei Verbrennung durch Zugluft ruht das Brennmaterial auf einem Roste, der meist die Form des Treppenrostes erhält.

Vorgänge bei der Vergasung der Brennmaterialien. Der Sauerstoff der zur Verbrennung dienenden, häufig erhitzten, atmosphärischen Luft erzeugt mit dem Kohlenstoff des Brennmaterials Kohlensäure, welche mit dem unverändert bleibenden Stickstoff aufsteigend durch die ihr entgegenrückenden Brennmaterialien in Kohlenoxyd umgewandelt wird. Beide Vorgänge finden in der Praxis der Regel nach nicht in vollkommenem Maasse statt, da sowohl bei der ersten Verbrennung neben Kohlensäure auch Kohlenoxyd entsteht und ferner nicht alle Kohlensäure beim Aufsteigen in Kohlenoxyd umgewandelt wird [2]).

Die bei der Verbrennung erzeugte Wärme veranlasst eine Destillation (Verkohlung) der höher liegenden Brennstoffe und deren flüchtige Destillationsproducte mischen sich dem Kohlenoxydgasstrome bei. Diese Destillationsproducte sind theils brennbar (Kohlenwasserstoffe), theils nicht brennbar (hauptsächlich Wasserdampf), ferner theils bei einer Temperatur unter 100° permanent (Grubengas, Elaylgas), theils condensirbar (kohlenstoffreiche Kohlenwasserstoffe oder Theerdämpfe, Wasserdampf und Ammoniak). Die nicht condensirbaren Bestandtheile gelangen stets mit in die Feuerung, die anderen können durch hinreichende Abkühlung entfernt werden. Hierbei ist es indessen unvermeidlich, dass ein Theil der brennbaren Stoffe durch Condensation mit ausgeschieden wird.

---

1) Meist ein Root'scher Blower, vergl. den Abschnitt: Bessemern. — 2) Die Analysen zeigen, dass der Gehalt an Kohlensäure auf 4 Proc. sinken, aber auch leicht auf 10 Proc. steigen kann, Kohlenoxyd zwischen 15 und 25 Proc. schwankt.

Von ökonomischer Bedeutung wird dieser Umstand nur hinsichtlich der brennbaren theerbildenden Kohlenwasserstoffe und des nicht brennbaren Wasserdampfes, und es tritt die nur für die einzelnen Fälle entscheidbare Frage auf, ob es vortheilhafter für den Brennwerth der Gase ist, mit dem Wasserdampf den Theer abzuscheiden, oder beide in die Feuerung zu führen.

Im Allgemeinen wird die Frage von vornherein zu Gunsten der Condensation bei wasserreichen Brennmaterialien, namentlich den Generatorgasen aus Holz, Torf und auch meist aus Braunkohle entschieden werden müssen, wogegen bei einzelnen Arten der letzteren und allen Steinkohlen die Zusammensetzung gegen eine Condensation spricht. Indessen wird die Entscheidung auch in dem letzteren Falle dadurch erschwert, dass bei längeren Gasleitungen die durch unabsichtliche Abkühlung entstehende Theercondensation oft grosse Schwierigkeiten für den Betrieb bereiten und dass die bei hoher Temperatur stattfindende Theerzersetzung unter Abscheidung festen, schwer verbrennlichen Kohlenstoffs (des sogenannten Glanzrusses) nicht minder störend wirken kann. Es wird deshalb auch bei den genannten Brennstoffen öfters eine Condensation absichtlich herbeigeführt, obschon man sich bewusst ist, dadurch den Brennwerth der Gase wesentlich zu verringern.

Die Condensation geschieht bei langen Leitungen einfach durch die die letzteren umgebende Luft, bei kürzeren Leitungen dagegen durch Wasser, über welches die Gase geführt, oder welches staubförmig in dieselben eingespritzt wird [1]).

Das Gasgemenge, welches bei Steinkohlenvergasung in einer Mischung von Kohlenoxyd, ölbildendem und Grubengas, Wasserstoff, Theer- und Wasserdämpfen, sowie Ammoniak, etwas Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff, ferner Stickstoff und Kohlensäure besteht, hat im Durchschnitt ein specifisches Gewicht von 0·78 (Luft = 1). 1000 Kg einer geeigneten aschenfreien Steinkohle liefern im Durchschnitt 1811 cbm Gas. Abgesehen von der Volumenveränderung, welche durch die Erhitzung (circa auf das Sechsfache) entsteht, findet eine weitere Ausdehnung durch eine Reihe von chemischen Veränderungen statt.

Das ölbildende Gas und der Theer setzen bei Rothglut Kohlenstoff ab. Dieser wird aber durch Kohlensäure und Wasser aufgenommen, indem sich erstere zu Kohlenoxyd umwandelt, letzteres aber gleichfalls unter Bildung von Kohlenoxydgas (und etwas Kohlensäure) freien Wasserstoff liefert. Ammoniakgas und Schwefelwasserstoffgas werden ebenfalls unter Bildung von freiem Wasserstoff [2]) in permanente Gase umgewandelt. Diese chemischen Veränderungen sind mit bedeutenden Wärmeverlusten im Generator verknüpft, welche sich indessen bei der Verbrennung des Gasgemisches wieder ausgleichen. Uebrigens ist die Zersetzung des Schwefelwasserstoffes auch insofern nicht unwesentlich, als an Stelle die-

---

[1]) Vergl. S. 170. — [2]) Percy, Iron, p. 681.

ses das Eisen schwefelnden Gases durch Oxydation vermittelst des Sauerstoffs der Kohlensäure und des Wasserdampfes schweflige Säure tritt, welche keinen schädlichen Einfluss auszuüben im Stande ist.

Eine Erhitzung der Gase erhöht deren Verbrennlichkeit. Sie findet daher zuweilen nach erfolgter Condensation der Theer- und Wasserdämpfe durch Apparate statt, welche von der abgehenden Wärme der Puddelöfen geheizt und später eingehend besprochen werden sollen.

Der grösste Vortheil der Gasheizung besteht in der Möglichkeit, das gasförmige Brennmaterial an irgend einem Orte des Hüttenwerks für den Bedarf aller oder vieler Oefen gleichzeitig erzeugen und dann nach Belieben vertheilen zu können. Die häufig sich findende Einrichtung, bei welcher der einzelne Ofen mit einer besonderen Gasfeuerung versehen wird, ist daher auch nicht empfehlenswerth und giebt selten so günstige oder günstigere ökonomische Resultate als der Betrieb mit directer Heizung durch dasselbe Brennmaterial.

Dagegen können Einzelfeuerungen dadurch verbessert werden, dass man ihnen Einrichtungen giebt, welche gewisse Vortheile der Gasfeuerung erzielen lassen. Dahin gehört namentlich die Einführung von gepresster Luft unter den Rost und die vollständige Verbrennung unvollkommen verbrannter Gase vor dem Eintritt in den Ofen. Derartige Feuerungen, welche den Uebergang zwischen directer und Gasfeuerung bilden, sollen nach letzterer beschrieben werden.

Als gänzlich verfehlt sind Versuche zu bezeichnen, die Hochofengase zum Puddeln zu benutzen, eine Einrichtung, welche zuerst von Faber du Faur zu Wasseralfingen im Jahre 1837 [1]) angewendet wurde und um Mitte dieses Jahrhunderts mehrfach, so auf einigen Hüttenwerken in Südwales, wieder aufgenommen wurde [2]). Es ist wiederholt darauf hingewiesen, dass nichts mehr die Vollkommenheit und daher die ökonomischen Resultate eines Processes oder einer Arbeit beeinträchtigt, als deren Abhängigkeit von anderen Processen oder Arbeiten, welche in keiner sachlichen Verbindung mit der ersteren stehen. Ausserdem finden die Hochofengase ausreichende Verwendung zur Dampferzeugung für die Gebläsemaschine, zur Winderhitzung und zur Erzröstung und es dürften seltene Ausnahmen sein, in welchen dann noch überschüssige Gase verbleiben [3]).

Im Folgenden werden zuvörderst einige Arten von Gasgeneratoren (*Gas producers*) beschrieben werden.

---

[1]) Vergl. Abth. II, S. 316. — [2]) Auch Parry wollte den Seite 41 beschriebenen Wasserdampffeinofen mit Hochofengasen heizen. — [3]) Sollte Letzteres der Fall sein, so finden diese am besten zur Dampferzeugung für andere Zwecke in der Weise Verwendung, dass diese Dampferzeugung auf andere Art fortgesetzt und unterhalten werden kann, auch wenn der Hochofenbetrieb stockt oder nicht mehr ausreichende Gase liefert. — Irrig sind die gegentheiligen Ansichten Lespinat's (Berg- und hüttenm. Zeit. 1873, S. 169.

Steinkohlengasgeneratoren.

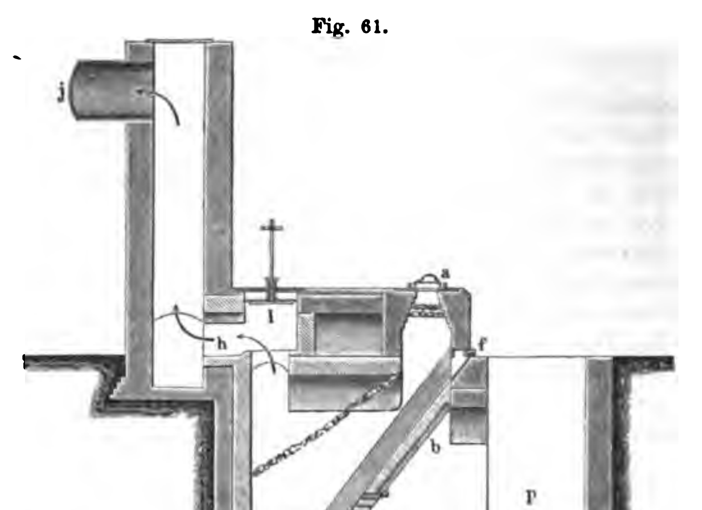
Zuggasgeneratoren. Die Figuren 61 und 62 (a. f. S.) stellen Verticalschnitt und Grundriss eines von Siemens für Puddelofenbetrieb construirten Generators dar. Der Grundriss zeigt die Anordnung dreier Generatoren in einem Complex. Das Brennmaterial [1]) wird durch die mit Glocken geschlossenen Schächtchen *a a* aufgegeben.

Das Brennmaterial gelangt auf einer schiefen, undurchbrochenen Ebene *b* auf den Treppenrost *c*, welcher ihre Fortsetzung bildet. Die Neigung beider wechselt nach der Art des Brennmaterials zwischen 45 und 60° [2]). Asche und Schlacke sammeln sich in dem untersten Theile, aus welchem sie durch die mit Klappe verschlossene Oeffnung *d* entfernt werden können. Der Boden ist oft etwas nach hinten geneigt und enthält einen beständigen Zufluss von Wasser, besteht auch zuweilen ganz aus einem durch fliessendes Wasser gekühlten Eisenblock. Die kleine Oeffnung bei *f*, sowie diejenigen bei *g* (in Fig. 62) gestatten die Einführung von Brechstangen zur Zerstörung zusammenbackender Koksmassen und zur Reinigung der Wände des Generators von Schlackenansätzen. Unter dem Roste ist der Raum 1·829 m breit, erweitert sich über dem Roste aber auf 2·133 m, so dass also die Trennungswände der drei Generatoren oben schwächer als unten sind. Jeder dieser Generatoren ist im Stande, circa 10000 bis 12000 Kg Steinkohle zu fassen und 2000 Kg davon täglich zu vergasen. Das Gas entweicht (durch *h*) in einen aufsteigenden Kanal, aus welchem mitgerissene schwerere Bestandtheile, namentlich Koksstaub und Kohlentheilchen in den Ofen zurückfallen, ehe es durch das eiserne Rohr *j* in das Hauptgasvertheilungsrohr gelangt. Das Brennmaterial nimmt die durch krause Doppellinien angedeutete Höhe im Generator ein. Die Destillation desselben geschieht schon auf der schiefen Ebene *b* und es kommt bereits im verkokten Zustande auf den Rost *c*, wo es vollständig zu Kohlensäure verbrannt wird, welche, ehe sie an die Oberfläche der Brennmaterialschicht tritt, in Kohlenoxyd umgewandelt sein soll. Dem Gasgemisch wird, wenn Wasser auf dem Boden des Generators steht, durch Zersetzung des Wasserdampfes reichlich Wasserstoff zugefügt, während der Sauerstoff des Wasserdampfes mit einem Theil des Kohlenstoffs Kohlenoxyd bildet. Dadurch erhält der Gasstrom allerdings einen brennbaren Bestandtheil mehr, aber die durch den letzteren im Verbrennungsraum erzeugte Wärme geschieht nur auf Kosten der zur Wasserzersetzung im Generator verbrauchten Wärme [3]).

---

[1]) Percy, Iron, S. 675, berichtet nach Siemens, dass das Brennmaterial von der schlechtesten Beschaffenheit sein und aus Steinkohlenklein, Koksstaub, Braunkohle oder Torf bestehen könne. Auf den in dieser Behauptung liegenden Irrthum ist schon aufmerksam gemacht worden. — [2]) Meist nur 30 bis 45° bei 1·4 bis 1·5 qm freier Rostfläche pr. 1000 Kg in 24 Stunden verbrennender Steinkohle. Kohlenschicht 0·8 bis 1, gewöhnlich 1·2 bis 1·5 m stark. — [3]) Vergl. Abthl. II, S. 87.

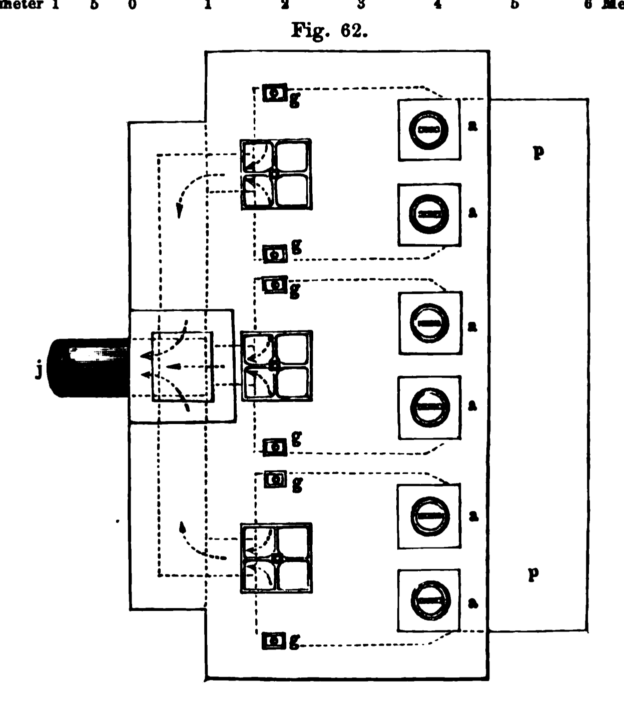
Fig. 61.



Zoll engl. 12 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 Fuss engl.

Decimeter 1 5 0 1 2 3 4 5 6 Meter.

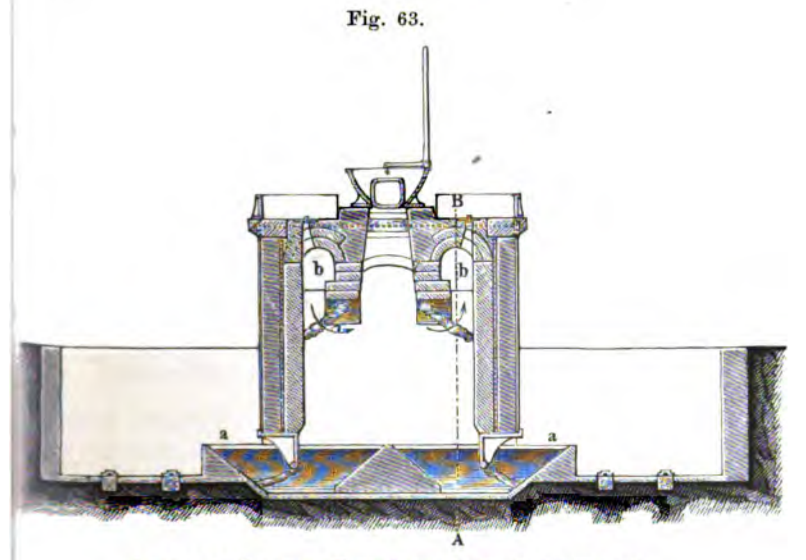
Fig. 62.



Man hat mit Recht diese Wasserzersetzung verurtheilt, weil durch die im Generator erfolgende Abkühlung die Umwandlung der Kohlensäure in Kohlenoxyd wesentlich gehemmt und die durch das Hinzutreten von Wasserstoff vermehrte Brennkraft der Heizgase durch den grösseren Gehalt an unzersetzter Kohlensäure mehr als aufgewogen wird.

Am besten arbeiten die Gasgeneratoren bei ununterbrochen gleichmässigem Betriebe. Diese Regelmässigkeit wird am einfachsten durch Speisung einer grossen Zahl von Oefen aus einem Sammelcanal für die Gase verschiedener Generatoren erreicht. Soll eine kurze Unterbrechung des einzelnen Generators stattfinden, so öffnet man das Ventil *l* und entlässt das Gas in die Luft. Zweckmässiger Weise setzt man

Fig. 63.



Siemens' Generator (Verticalschnitt nach *CDEF*, Fig. 65).

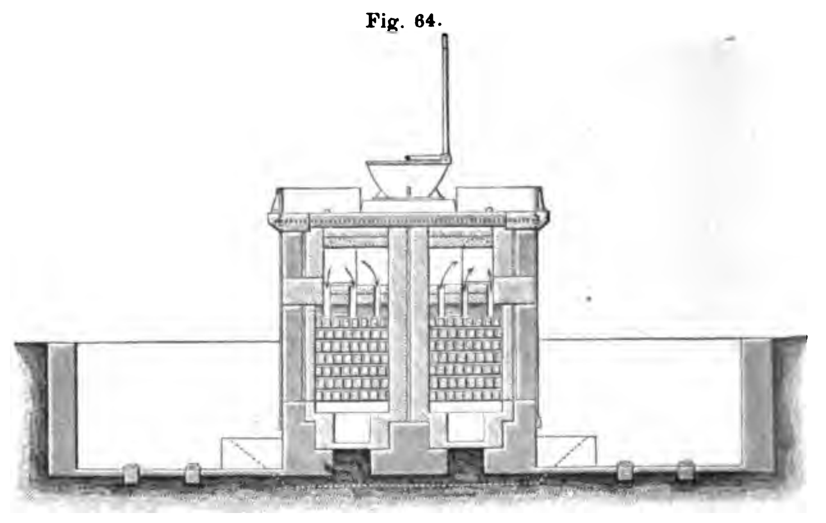
hier eine in der Zeichnung nicht angegebene Blechesse auf, um die Arbeiter vor Belästigungen oder Gefahren für ihre Gesundheit zu schützen. Eine solche Vorrichtung zum Ableiten der Gase, im Falle dieselben nicht gebraucht werden, ist unumgänglich nothwendig bei jedem Generator, welcher mit einem einzelnen Ofen verbunden ist. Uebrigens kann man durch Schluss des Rostes gegen den Zutritt der Luft einen Gasgenerator unter ganz langsamem Glimmen 12 Stunden und länger ohne Nachtheil anhalten.

Eine zweite, gleichfalls von Siemens construirte, für Kleinkohle bestimmte Art von Gasgeneratoren ist in den Figuren 63 bis 66 abgebildet [1]).

[1]) Hierbei soll gleichzeitig aus einer sonst nicht kokenden Kohle ein für Schmiedezwecke geeignetes Product (*breeze*) erzeugt werden, welches aus zwei Oeffnungen am unteren Theile des Ofens vor dem Nachfüllen frischen Brenn-

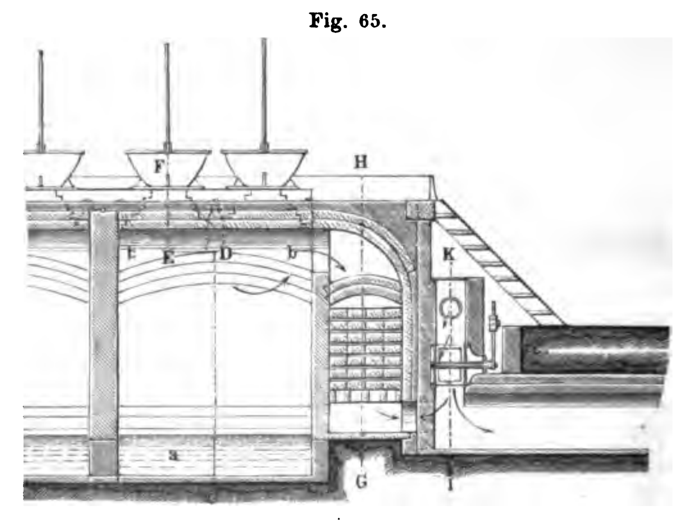
Er besteht aus einer mit feuerfesten Ziegeln bekleideten Kammer, welche

Fig. 64.



Verticalschnitt nach *GH* (Fig. 65).

Fig. 65.



Verticalschnitt nach *AB* (Fig. 63).

Zoll engl. 12 0 4 8 12 16 20 24 Fuss engl

Decimeter 10 5 0 1 2 3 4 5 6 7 Meter.

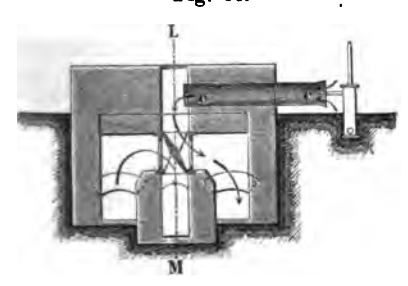
sich an ihrem oberen Ende in drei Abtheilungen theilt (Fig. 63). D

---

materials ohne Unterbrechung des Betriebes leicht gewonnen werden kai
Percy, Iron, p. 678.

beiden Trennungswände werden von Gewölbebogen getragen. Die Seitenwände ruhen auf gusseisernen Längsträgern, welche in einen mit Blech umkleideten Wassertrog eintauchen. Sie sind doppelt, mit zwischenliegender Sandschicht aufgeführt, um Wärmeausstrahlung möglichst zu vermeiden und das Ausströmen aus etwa sich bildenden Rissen des Mauerwerks zu verhindern. Das Brennmaterial wird in den mittleren Raum durch zwei Aufgebeöffnungen gebracht und füllt die ganze Kammer an, während die zwei Seitenräume *bb* frei bleiben. Jeder dieser Seitenräume steht nur durch einen Kanal (wie aus Fig. 65 ersichtlich) mit einer Kammer (Regenerator) in Verbindung, die mit feuerfesten Ziegeln ausgesetzt ist und deren Zweck später erörtert werden wird. Die Luft tritt durch ein mit der Atmosphäre communicirendes Rohr *cc* (Fig. 66) ein, geht durch den einen Regenerator und tritt in das Brennmaterial in der Richtung des in Fig. 63 links angegebenen Pfeiles. Das erzeugte Gas geht, wie der in derselben Figur rechts gezeichnete Pfeil zeigt, in den anderen Seitencanal, durch den zweiten Regenerator abwärts und gelangt von dort in den Hauptgasleitungskanal. Nach einer gewissen Zeit wird das Ventil, welches in Fig. 66 im Durchschnitt und in Fig. 65 in der Ansicht sichtbar ist, gewendet. Die Verbrennungsluft nimmt nun ihren Weg durch den Regenerator, durch welchen vorher das Gas strömte, und das Gas geht durch denjenigen, welcher vorher die Verbrennungsluft durchlief. Siemens hat vorgeschlagen, den Verbrennungsluftstrom mit Dampf gemischt einzuführen. Zu diesem Zwecke findet sich vor dem Luftkanal *cc*, Fig. 66, rechts ein Dampfausströmungsrohr. Der aus demselben austretende Dampfstrahl reisst die Luft mit.

Fig. 66.



Verticalschnitt nach *IK* (Fig. 65).

Der Betrieb ist continuirlich, da die Rückstände der Brennmaterialien beständig durch die Oeffnungen des Wassertroges bei *aa* (Fig. 63) ausgezogen werden können. Die kleinen in Fig. 63 sichtbaren Oeffnungen im Gewölbe der beiden Seitenräume des Gasgenerators dienen zur Reinigung und Entfernung anbackender Schlacke. Man legt der Regel nach zwei Generatoren mit ihrer Rückwand aneinander und ordnet sie so parweis an, dass zwischen je zweien ein Raum zu einem Schienengeleise bleibt, auf dem ein Wagen zum Fortschaffen der Asche rollt. Die Kohle selbst kann, ebenfalls durch einen Wagen, direct über den Ofen gefahren und in denselben geschüttet werden. Derartige Oefen, welche zur Vergasung nicht backender Kleinkohlen bestimmt sind, finden sich auf den Röhrenwerken von James Russel & Sons (*Crown Tube-works*) zu Wednesbury in Südstaffordshire.

Das die Gase zu den Oefen leitende Rohr muss hinreichend dicht gehalten werden, um ein Eintreten von Luft und eine theilweise Verbrennung oder eine Explosion zu verhüten. Am besten wird gegen den nachtheiligen Einfluss oft schwer erkennbarer kleiner Oeffnungen und Risse dadurch gewirkt, dass das Gas einen, wenn auch noch so geringen Ueberdruck über den Druck der Atmosphäre erhält. Dies ist bei einem einfachen Zuggenerator dann nicht ausführbar, wenn die Gasleitung horizontal geht, da die saugende Wirkung der Puddelofenesse die Pressung im Gasrohr vermindert. Aus diesem Grunde führt man das mit einer Temperatur von 140 bis 200° C. aus dem Generator tretende Gas zuvörderst in einem verticalen Rohre etwa 6 m aufwärts, dann horizontal fort und lässt es erst vor den Oefen wieder abwärts steigen. Das Gas nimmt in Folge der Abkühlung auf 15 bis 20° an Dichtigkeit zu und drückt also das in dem niedersteigenden Rohr befindliche Gas in den Ofen.

Die Verbrennung der Gase erfolgt durch einfaches Zusammentreten der erhitzten Luft und der erhitzten Gase vor oder über der Feuerbrücke des Puddelofens.

Generatoren mit Gebläseluft werden meist in directer Verbindung mit dem Puddelofen angewendet. Ihre Einrichtung entspricht der Regel nach der Seite 35 bei dem Ofen zum Feinen des Eisens beschriebenen.

Indessen kommen auch Einrichtungen vor, welche im Allgemeinen den Zuggeneratoren gleichen. Bei dem Generator von Jones, Howson und Gjer [1]) welcher zu Middlesborough und zu Blaenavon in Anwendung steht, wird der in eiserne Röhren auf 260° erhitzte Wind unter den verschlossenen Aschenfall eines gewöhnlichen, aber tief liegenden Plan- oder Treppenrostes geführt, während durch acht verticale Düsen der Verbrennungswind dicht vor der Feuerbrücke abwärts einströmt. Die Wilson'sche Feuerung [2]) enthält keinen Rost, sondern nur eine undurchbrochene geneigte Ebene, welche zungenartig in den Feuerraum ragt. Der Raum unter derselben ist verschlossen und dient als Aschenfall. Erzeugungs- und Verbrennungsluft werden durch Dampfstrahlgebläse in den Ofen geführt. Die letztere erwärmt sich durch Circulation in der Feuerbrücke und gelangt durch zahlreiche Oeffnungen im Gewölbe in den Feuerraum. Alle derartigen Einrichtungen sind in der Anlage und Unterhaltung zu theuer, als dass sie sich allgemeinen Eingang verschaffen sollten. Auch bei Anwendung von Gebläseluft ist eine von den Oefen getrennte, gemeinschaftliche Gaserzeugung allein empfehlenswerth.

---

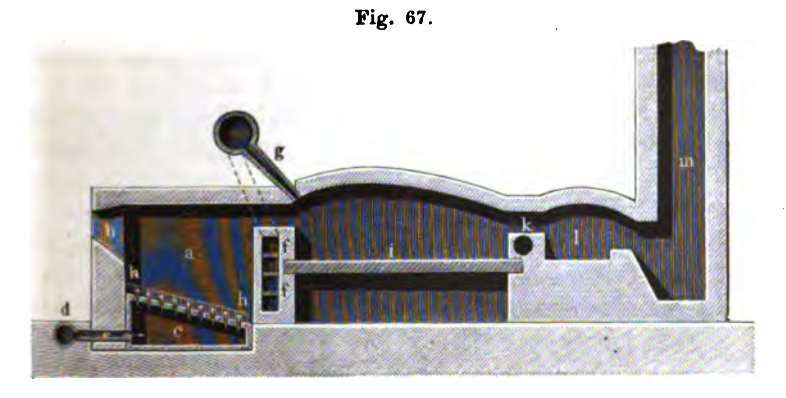
[1]) Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten-, und Salinenwesen, Bd. XVIII, S. 3 und Taf. I. — [2]) Ebendas.

Braunkohlengasgeneratoren.

Die Braunkohlengasgeneratoren nähern sich je nach der Art der Braunkohle mehr den für Steinkohlen- oder den für Torfgaserzeugung benutzten. Bei wasserarmen, festen Sorten des Brennmaterials unterscheiden sie sich von den ersteren der Regel nach nur durch die grössere Zahl der Rostspalten des Treppenrostes, welcher zuweilen sich zu der ganzen Höhe der sonst undurchbrochenen schiefen Ebene hinaufzieht.

Mit Vortheil hat man auch den Boëtius'schen Generator [1]) für Braunkohlen benutzt. Derselbe besteht aus einem schachtförmigen Raume, dessen Sohle durch einen schiefen Rost gebildet ist, an den sich unter einem stumpfen Winkel die Rückwand anschliesst. Letztere ist nur durch eine Reihe Störöffnungen durchbrochen. Das Brennmaterial wird durch einen Trichter aufgegeben und bedeckt die Rückwand und

Fig. 67.



Müller's Heizpult.

den Rost in einer ziemlich gleich starken Schicht. Die Verbrennungsluft für die Gase wird in der Feuerbrücke und in den Ofenwandungen erhitzt und strömt sowohl durch einen Schlitz von oben als durch mehrere Oeffnungen von unten zwischen die über die Feuerbrücke tretenden Gase.

Torfgasfeuerungen.

Die Torfgasfeuerungen nähern sich in der Regel mehr oder weniger den Apparaten zur Braunkohlengaserzeugung [2]), arbeiten aber fast stets mit Gebläsewind. Eine mehrfach gebrauchte Einrichtung ist der sogenannte Müller'sche Heizpult, welcher in Fig. 67 abgebildet

[1]) Kerpely, Fortschritte 1869, S. 186. — [2]) Ein früher zu Mandelholz im Oberharz gebrauchter Torfgaspuddelofen ist in Kerpely's Fortschritte 1865, Taf. IV, Fig. 3 und 4 abgebildet.

ist. Der Generator besteht aus einem beinahe cubischen Raume, in dessen unteren Theil ein gusseiserner Kasten *c* mit etwas geneigter, vielfach durchlochter Deckplatte eingesetzt ist. Aus dem Rohr *d* und durch *e* wird der Erzeugungswind eingeleitet. Die Schüröffnung *b* ist aussen mit Aufgebetrichter versehen. Ueber der Platte befindet sich seitwärts eine Spalte *hh* zum Ausräumen der Schlacke. Der Verbrennungswind, durch Circulation in der Feuerbrücke *f* erwärmt, strömt durch das spaltenförmige Mundstück *g* aus.

Zu Rottenmann in Kärnthen [1]) hat man Torfgasgeneratoren, welche den Steinkohlengasgeneratoren ganz ähnlich construirt sind. Sie sind zum Theil unten mit Planrost und einem sich daran schliessenden Treppenrost versehen, zum Theil aber auch nur mit letzterem. Derselbe hat eine Neigung von 54° gegen den Horizont. Das Aufgeben erfolgt durch einen Hals, der unten mit einer sich selbstthätig öffnenden und durch ein Gegengewicht schliessenden Klappe, oben mit einem Deckel versehen ist. Zu Buchscheiden in Kärnthen [2]) sind die Torfgasgeneratoren nur mit Planrost versehen, aber die sich daran schliessenden unten verticalen, oben sich allmälig auseinander ziehenden Wände sind noch von je drei rostförmigen Schlitzen durchbrochen. Der Torf wird durch einen Hals aufgegeben, welcher in den Regenerator bis zu $^1/_3$ der Höhe desselben hineinreicht.

Holzgasgeneratoren.

Holzgasgeneratoren sind namentlich in Kärnthen vor der allgemeinen Einführung der Braunkohlengasgeneratoren benutzt worden. Sie werden fast ausnahmslos mit Gebläsewind betrieben.

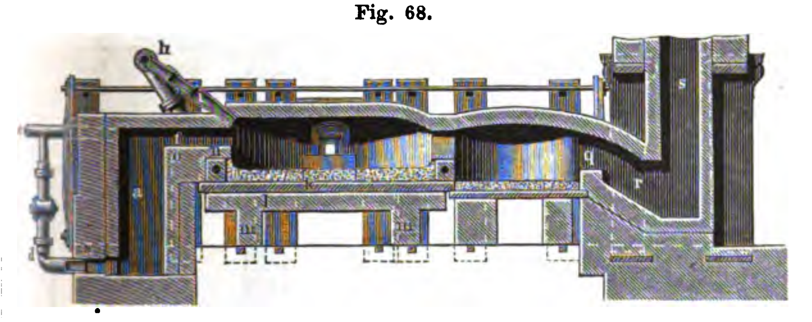
In den Figuren 68 und 69 ist ein mit solchem Generator versehener Ofen abgebildet [3]). Der Generator *a*, welcher keinen Rost besitzt, hat 47 cm Breite, 90 cm Länge und eine Höhe von 1 m bis zum Gewölbe. Das Schürloch *b* ist durch eine Einsetzthür *c* verschlossen. Der Erzeugungswind wird durch *d* zugeführt. Aus demselben Windrohre *e* wird auch der Verbrennungswind in das Rohr *g* geliefert. Der letztere circulirt zuerst in den den Herd *k* umgebenden Herdeisen *n*, kühlt dieselben, erwärmt sich zugleich (angeblich auf 200°) und tritt mit erhöhter Pressung durch das aufsteigende Rohr *h* in die Düse *i*, welche eine horizontal schlitzförmige Mündung hat. Sie ist bei 18 mm Höhe 860 mm breit. Die eiserne Herdplatte ruht auf den eisernen Trägern *l*, welche auf gemauerten Pfeilern *m* liegen. *p* ist ein Vorherd. Die abziehenden Gase gelangen durch den Fuchs *qr* in die Esse *s*. Ein Nachtheil dieses Generators liegt in der Einrichtung der Schüröffnung, bei deren Oeffnen

---

[1]) Underrättelser om jernhandteringers utveckling etc. af Rich. Åkerman. Jern Kontorets Annaler 1873, Taf. VII, Fig. 2 und 3. — [2]) Op. cit. Taf. VII, Fig. 4 und 5. — [3]) Muspratt-Stohmann-Kerl, techn. Chemie, 2. Aufl., Bd. III, S. 342.

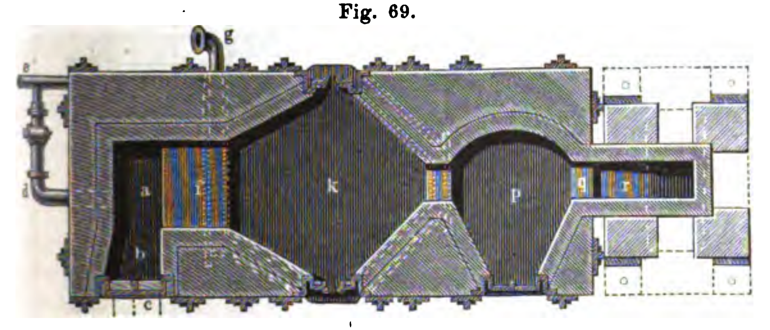
das Eindringen von Luft nicht zu vermeiden ist. Da sich für Holz eine Einrichtung in der Form eines Fülltrichters, wie sie die vorhergehenden Generatorfeuerungen für Kohle zeigten, nicht anbringen lässt, so bleibt zur Erreichung grösserer Vollkommenheit in dieser Beziehung nur eine

Fig. 68.



Holzgasgenerator. Verticalschnitt.

Fig. 69.



Holzgasgenerator. Horizontalschnitt.

Füllvorrichtung übrig, welche durch Schieber oder Klappenventile geschlossen werden kann. Eine solche findet sich z. B. bei dem Eckmann'schen Gasgenerator [1]), welche in den Figuren 70 bis 76 (S. 168 und 169), allerdings in Verbindung mit einem Schweissofen, welcher erst später beschrieben werden wird, abgebildet ist.

Der Generator *a* aus feuerfesten Steinen ist mit einem Eisenmantel *ff* umgeben; der innere Theil wird durch zwei Reihen Formen *e* durchbrochen, deren Vertheilung aus dem Grundrisse Fig. 74 und 75 hervorgeht. Ausserdem sind noch zwei gegenüberliegende Düsen *e'* (Fig. 72 und 73) nahe dem Boden des Generators angeordnet. Der Erzeugungswind strömt durch das Rohr *d* zwischen den eisernen Mantel und die Steinwand, erhitzt sich dort auf 90 bis 150° C. und geht durch die Düsen, zu deren Reinigung im Mantel die verschliessbaren Oeffnungen *gg* angebracht sind. Das Brennmaterial wird durch den Rumpf *b* aufgegeben und gelangt durch Oeffnung des Schieberbodens *cc* (Fig. 71) in den Generator.

[1]) Vergl. Jern Kontoret's Annaler 1850, sowie I. Bd. der Met. S. 207.

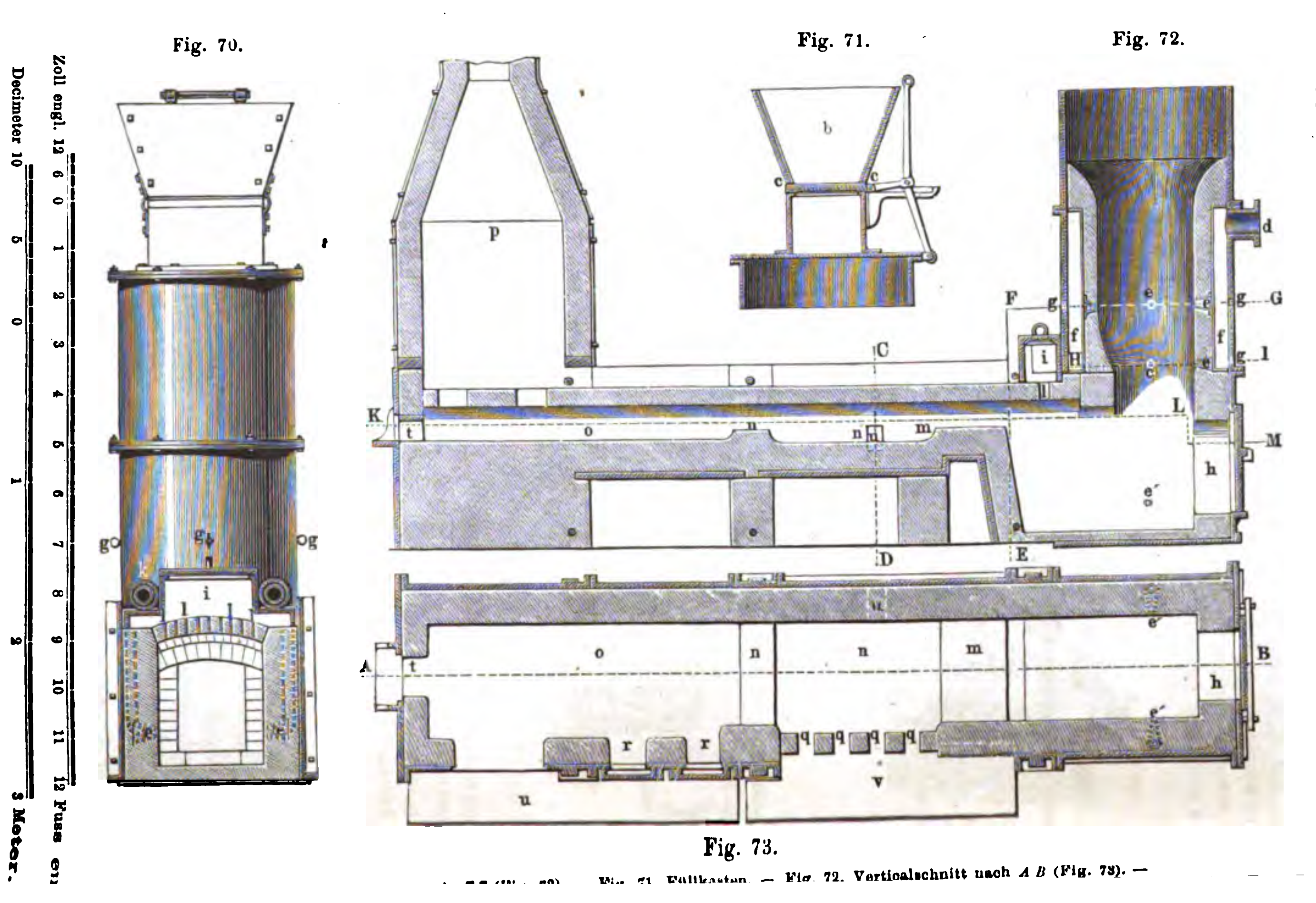
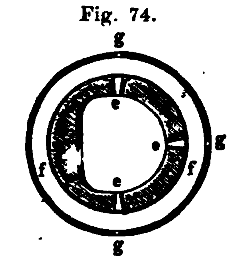


Fig. 71. Füllkasten. — Fig. 72. Verticalschnitt nach A B (Fig. 73). —

Das Gas wird vor der Feuerbrücke verbrannt. Der Verbrennungswind kommt ebenfalls erwärmt aus dem beschriebenen Zwischenraum zwischen Mantel und Generatormauerwerk durch die Röhren *k k* in den eisernen Kasten *i* und dringt von diesem durch mehrere kleine runde, oder eine einzige schlitzförmige Oeffnung *l* in den Ofenraum. Das Holz muss in kurzgeschnittenen Scheiten verwendet werden.

Mit grossem Vortheil hat man in Kärnthen gedarrtes Holz zur Gaserzeugung benutzt. Le Play[1]) beschreibt ausführlich die Einrichtungen zu Lippitzbach.

Fig. 74.



Horizontalschnitt nach *FG* (Fig. 72).

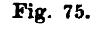
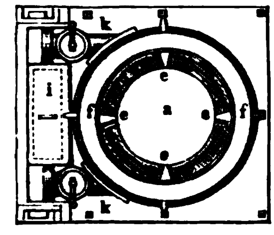
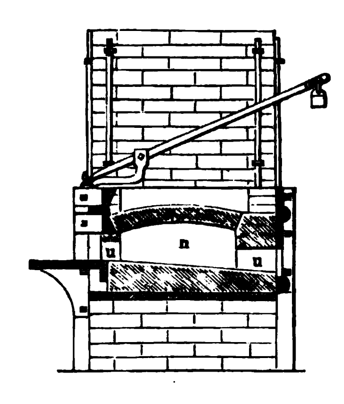


Fig. 75.



Horizontalschnitt nach *HI* (Fig. 72).

Fig. 76.



Verticalschnitt nach *CD* (Fig. 72).

Man hat dort zwei Methoden der Holzdarrung; nach der ersten kommen Verbrennungsproducte eines Holzfeuers in directe Berührung mit dem zu darrenden Holze, welches sie nur wenig über 100° erhitzen dürfen, um keine Verkohlung zu veranlassen, nach der zweiten werden Verbrennungsgase durch guss- oder schmiedeiserne Röhren geführt und die Darrung geschieht nur durch strahlende Wärme.

Der Generator ist 0·90 m lang, 0·47 m breit unter dem Gewölbe und 1·39 m unter der Oberkante der Feuerbrücke tief. Der Gebläsewind tritt nahe dem Boden, über welchem sich ein für gewöhnlich geschlossener Schlitz zur Reinigung von Asche befindet, durch ein Rohr mit einer Pressung von 6 mm Quecksilbersäule ein. Der Verbrennungswind circulirt zuvörderst in den Herdeisen und tritt dann, wie dies oben beschrieben, durch eine schlitzförmige Düse zu dem bereits über die Feuerbrücke

[1]) Méthode nouvelle employé dans les Forêts de la Carinthie pour la fabrication du fer. Paris 1853. Aus Annales des Mines 5, t. 3.

geführten Gasstrom. Der Verbrennungswind hat 12 mm Quecksilbersäule Pressung. Der zugehörige Puddelofen ist ein Doppelofen.

In demselben wurden in 8 Stunden 4 Hitzen gemacht, jede aus

448 Kg Roheisen und
28 Kg Abfallstabeisen,

zusammen 476 Kg bestehend. Man gewann daraus 455 Kg Schmiedeisen in jedesmal 10 Luppen. 2 Puddler (im Ganzen 4 Arbeiter) besorgen den Ofen gleichzeitig. Wöchentlich werden 29 100 Kg producirt und für je 100 Kg Rohluppeneisen 101·1 Kg gedarrtes Holz verbraucht [1]).

Auch mit Holzkohlengas wird gepuddelt. So beschreibt Resch [2]) einen zu Reichenau benutzten derartigen Ofen. Der Generator ist dem Eckmann'schen sehr ähnlich, aber das schlitzförmige Düsenstück für den Verbrennungswind ist beweglich gemacht, so dass der Luftstrom unter verschiedenen Winkeln in den Herdraum gelangen kann. Die Abhitze wird zur Dampferzeugung benutzt, jedoch können die Gase auch direct zur Esse gelangen.

Condensationsvorrichtungen.

Condensationen durch Luftkühlung bei langer Leitung [3]) sind seit dem Entstehen der Gasfeuerung angewendet worden; man ist indessen auch bald der Condensation durch Wasserkühlung zu Hülfe gekommen. 1854 erhielt Paduschka ein Patent auf Condensation bei Gasfeuerungen [4]) durch Einspritzung von Wasser, 1857 nahm Venini ein Patent auf den gleichen Gegenstand [5]). 1859 veröffentlichte Uhlig in der österreichischen Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen [6]) die damals schon mehrere Jahre auf der Glashütte der Gebrüder Klein zu Tscheitsch in Mähren zu einer mit Braunkohle betriebenen Feuerung angewendete Paduschka'sche Einrichtung. Das Gas geht dort durch einen Ventilator hindurch, welcher es aus dem Generator ansaugt und in den Ofen hineindrückt. Zwischen Generator und Ventilator befindet sich die Condensationsvorrichtung. Das Wasser wird staubförmig aus einem senkrecht stehenden Rohre durch eine Brause in den Gasstrom geführt, der die entgegengesetzte Richtung (von oben nach unten) hat [7]).

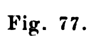
1865 hat der Schwede Lundin diese Idee von Neuem aufgenommen [8]) und sie zum Zwecke der Verwerthung sehr nasser Brennmateriale, namentlich frischer Sägespäne, ausgearbeitet.

Die Lundin'sche Einrichtung ist in den Figuren 77 und 78 abgebildet. Der Erzeugungswind gelangt durch das Rohr *A* in den Generator und

---

[1]) 1 cbm wiegt 395 Kg. — [2]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1867, S. 2, und Kerpely, Fortschritte 1867, S. 159. — [3]) 10 bis 15 qm Oberfläche pr. 1000 Kg in 24 Stunden verbrannter Kohle. — [4]) Zum Glasofenbetriebe. — [5]) Dingler's polyt. Journal, Bd. 1859, S. 428. — [6]) S. 50 bis 51. — [7]) Eine gute Abbildung der Vorrichtung findet sich in Steinmann's Compendium der Gasfeuerung Taf. IV, Fig. 28 und beschrieben ist dieselbe daselbst S. 53. — [8]) Jern Kontoret's Annaler 1866, 4. Heft.

Fig. 77.



Verticalschnitt nach *A B* (Fig. 78).

Fig. 78.

Lundin's Condensationsvorrichtung (Grundriss).

zwar zuvörderst in den hohlen Rostträger *B*, den er kühlt. Der Rost besteht aus einem unteren horizontalen (*C*) und einem oberen, etwas geneigten Theile (*D F*). Durch die luftdicht schliessbare Thür *G* gelangt man behufs Reinigung des Rostes in den Aschenfall.

Das Brennmaterial wird durch den Füllschacht *H* in den Ofen gebracht. Auf diesem Raume ist ein mit Kegelventil *L* verschliessbarer Fülltrichter *J* angebracht, der oben mit einem Deckel *K* verschlossen ist. Die Gase steigen in einem gemauerten Kanale aufwärts und gehen dann durch das eiserne Rohr *M* zum Condensator. Bei *a* und *b* befinden sich einige Reinigungsöffnungen. Das Condensationswasser gelangt mit ½ Atmosphäre Druck durch das Rohr *N* zuvörderst in eine Reinigungsvorrichtung, in der sich ein Messingtuch[1]) befindet, und dann durch das vertical abwärts führende Rohr *O* und das Vertheilungsrohr *P* in die 8 Brausen *c d*, welche es in zahlreichen Strahlen in den Condensator vertheilen. Der ganze Sprühapparat ist drehbar um die Axe *Q*, welche gleichfalls in einem Rohre besteht, aus dem durch ca. 16 kleine Oeffnungen eine geringe Wassermenge auf den in der Kammer *R* aus kreuzweis gelegten Eisenstangen errichteten Stoss träufelt. Die Eisenstangen ruhen auf den Trägern *f f*, die von hohlen Säulen *g* unterstützt sind. Die Welle *Q* wird (vom Gebläse oder einer anderen Maschine aus) durch Drahtseiltransmission langsam hin und her gedreht, um eine vollkommene Vertheilung des Wassers zu bewirken[2]). Durch das Rohr *T* geht das Gas zu den Oefen. Am Ventilkasten, in welchem die Gase zu den verschiedenen Oefen vertheilt werden, ist ein Abblaserohr angebracht, welches ein Ausströmen des Gases ins Freie gestattet, ohne den Generatorbetrieb zu unterbrechen.

d. Uebergänge zwischen Gasfeuerungen und directen Feuerungen.

Unterwind.

Einen Uebergang zur Gasfeuerung bei Anwendung einfacher Plan- oder Treppenroste bildet die Anwendung des Unterwindes, d. h. eines unter den Rost geführten, schwach gepressten Windstroms. Derselbe scheint zuerst von Peter Onions 1783 für das Feinen des Eisens[3]), speciell für das Puddeln von Julius Adolph Detmold 1843[4]) angewendet zu sein.

Die Benutzung des Patents wurde von letzterem an die Ebbw-Vale-Gesellschaft in Südwales abgetreten und, wie es scheint, gleichzeitig in

[1]) Mit 1 Drath auf je 3 mm. — [2]) Zur Condensation werden pr. Generator in 24 Stunden ca. 270 cm Wasser gebraucht. — [3]) Working and refining of cast or pig iron, and converting the same Iron in a fluid state into wrought or bar iron. No. 1370, May 7, 1783. — [4]) Patent A. D. 1843, Oct. 18 No. 9911.

den 50er Jahren in Deutschland eingeführt. Der meist durch Ventilatoren (neuerdings durch Kapselräder)[1]) erzeugte Wind wird der Regel nach von der über den Oefen fortgehenden Windleitung durch ein zwischen den Rückwänden zweier Puddelöfen abwärts führendes und sich unter die beiden anliegenden Feuerungen verzweigendes Rohr geleitet. Der Aschenfall ist mit luftdicht schliessenden Blechthüren versehen und mündet zweckmässiger Weise (z. B. zu Hörde in Westfalen) in einen gemeinschaftlichen gemauerten Kanal, der an seinen Enden ebenfalls mit Doppelthüren verschlossen ist und ohne Unterbrechung des Betriebes das Ausräumen der Asche gestattet. Man kann bei dieser Einrichtung zwar ohne Veränderung der Feuerung eine lebhaftere und vollständigere Verbrennung erzielen, wendet indessen der Regel nach gleichzeitig stärkere Brennmateriallagen an und erzielt dadurch ein kohlenoxydgasreicheres Verbrennungsproduct, welches oft noch eine besondere Luftzuführung über der Feuerbrücke verlangt, um vollständig ausgenutzt zu werden, wie zu Herminenhütte in Oberschlesien, wo die Einrichtung des Unterwindes erst 1863 eingeführt worden ist[2]).

Dort liefert ein Ventilator den für 10 Puddelöfen und 5 Schweissöfen erforderlichen Wind. Derselbe hat 2·5 m Durchmesser, macht 500 Umdrehungen in der Minute und wird von einer Hochdruckdampfmaschine mit 0·26 m Kolbendurchmesser und 0·47 m Hub betrieben[3]).

Als verfehlt muss die Methode des Unterwindes bei offenem Aschenfall bezeichnet werden. Sie ist in den 50er Jahren zu Britonferry-Eisenhütte bei Neath und später zu Ebbw Vale, beide in Südwales, eingeführt. Der Unterwind wird durch ein 13 bis 15 cm weites Rohr, welches quer durch den Aschenfall läuft, geleitet und strömt durch drei parallele Reihen radial gebohrter Löcher aus. Der in das Rohr gelangende Aschen- und Kohlenstaub kann nach Oeffnung eines Ventils an der Unterseite leicht ausgeblasen werden.

Die Pressung des Windes muss sich, selbst wenn die Ausströmungsöffnungen sehr nahe dem Roste liegen, so schnell mit der Spannung der Atmosphäre ins Gleichgewicht setzen, dass ein wesentlicher Erfolg einer solchen Einrichtung nicht zu erwarten ist. Selbst der Nutzen, den die frische Luft im Gegensatz zu der staubigen der Hütte gewährt, kann niemals von Bedeutung sein.

Den Unterwind durch Saugapparate in dem Fuchse oder der Esse (Ventilatoren, Dampf- und Gebläsewindstrahlen) zu ersetzen, ist unvortheilhaft, weil der Puddelofen kein geschlossenes Gefäss ist, sondern die Luft während des grössten Theils der Arbeitszeit ungehindert durch die Arbeitsthüren eindringen kann.

---

[1]) Root'sche Blower. — [2]) Kerpely, Fortschritte 1864, S 216. — [3]) Kerpely, Fortschritte, 1866.

Oberwind.

Bei Torfpuddelöfen hat man zur vollständigen Verbrennung der Feuergase auch nur Oberwind angewendet. Die Puddelöfen zu Ebenau in Oesterreich [1]) haben einen Planrost von 1·10 m Länge, 0·78 m Breite, der 0·37 m unter der Feuerbrücke liegt. Das sich nach dem Ofen zu etwas erweiternde Feuerloch hat 0·26 m Höhe und erhält an seiner Mündung zum Herde durch 6 Düsen von 26 mm Weite und 22 mm Höhe den 31° C. warmen Oberwind. Derselbe hat nur 6 mm Quecksilbersäule Pressung. Der Fuchs geht horizontal zur Esse, ist aber mit einem Schlackensammelkasten versehen. Die Esse hat 0·47 m im Quadrat und ist 17 m hoch. Der Herd ist 1·8 m lang, in der Mitte 1·33 m breit, die Herdplatten liegen 0·68 m über dem Gewölbescheitel. Gegen den früheren Gasbetrieb mit dem im Uebrigen unveränderten Ofen will man 24·1 Proc. an Torf erspart und ausserdem durch die bessere Zugregulirung den Eisenabgang um 2·32 Proc. vermindert haben [2]).

Fuchs und Esse.

Die verbrannten Feuerungsgase gelangen durch den Fuchskanal zur Esse.

Der Fuchs ist der Regel nach abwärts geführt, theils um das Verweilen der heissen Gase im Ofenherde zu verlängern, theils um über die Fuchsbrücke gelangender Schlacke den hinreichenden Abfluss zur Essensohle zu gestatten.

Man giebt dem Fuchs durchschnittlich einen Querschnitt von nahezu 0·1 □ m, bei gewöhnlich etwas grösserer Breite als Höhe, oder nimmt das Verhältniss zwischen Fuchs- und Rostfläche in den Grenzen von 0·06 : 1 bis 0·10 : 1. Es ist ohne Bedeutung, ob man diesen Querschnitt von der Fuchsbrücke bis zur Essensohle genau beibehält, oder, wie dies häufiger geschieht, ihn allmälig bis auf das 1½fache erweitert, um eine nachtheilige Verengung durch erkaltende Schlacke zu verhindern.

Die Construction der für einen einzelnen Ofen dienenden Esse ist aus den Beispielen Seite 133 und 138 hinreichend zu ersehen. Man giebt der-

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1866, S. 160. — [2]) Der Torf enthält im lufttrockenen Zustande, in dem er angewendet wird, 39 bis 48 Proc. Wasser, 9 bis 17 Proc. Aschenbestandtheile.

Der Verbrauch betrug

	bei der Gasfeuerung	— bei der beschriebenen Rostfeuerung:	
Torf circa . .	0·61	. . . . 0·43	cbm
Brände „ . .	0·0074	. . . . 0·0068	„
Holz „ . .	—	. . . . 0·071	„

selben der Regel nach 13 bis 15 m Höhe, seltener geht man bis auf 9 m hinab oder auf 17, selbst 18 m hinauf.

Da man die Höhe einer Esse (in Meter) aus der Formel:

$$h = \frac{4{\cdot}08\, d + 0{\cdot}016\, l}{40\, \frac{d(t - t_1)}{v_1^{\,2}} - 0{\cdot}016}$$

berechnet, wenn d den Durchmesser oder die Seite des Quadrats der Essenmündung bedeutet, l den Gesammtweg der heissen Gase vom Rost bis zur Esse, v_1 die Geschwindigkeit der ausströmenden Verbrennungsgase, $t - t_1$ aber $= 285^0$, $v_1 = 3^3/_4\, v$, d. h. $3^3/_4$ der Geschwindigkeit der mit durchschnittlich 60 m pr. Minute in den Rost strömenden Luft angenommen werden können, so ergiebt sich, wenn h als bekannt eingesetzt wird und l durch die Construction des Ofens festgestellt ist, auch die Weite d.

Uebrigens nimmt man auch öfters den Querschnitt des Schornsteins zu 0·25 □ m, oder zu $^1/_4$ der ganzen, oder gleich der freien Rostfläche an und berechnet daraus die Höhe.

Gewöhnlich werden die Essen gemauert und verankert, doch kommen auch Blechessen mit und ohne Mauerfutter zur Anwendung.

Den innern Querschnitt pflegt man durchgehend gleich gross zu wählen. Vereinzelt ist der Versuch gemacht, einen nach oben erweiterten Querschnitt zu wählen. Hierfür bietet Low Moor ein Beispiel [1]). Die dortigen Essen haben 11·30 m Höhe, an der Mündung 0·73 m Weite und verjüngen sich in vier gleich hohen Absätzen auf 0·66, 0·60 und schliesslich 0·55 m Weite. Das ringförmige, an der Mündung 0·13 m starke Mauerwerk hat aussen eine senkrechte Begrenzung und ist von einem Blechmantel umgeben.

Neuerdings ist derselbe Essenbau von Alfred Purgold für Dampfkesselfeuerungen angewendet worden [2]).

Wenn auch theoretische Gründe für eine solche Construction sprechen, hat doch wegen der grösseren Umständlichkeit des Baues eine weitere Verbreitung derselben nicht stattgefunden.

Nicht selten verbindet man je zwei [3]) oder auch eine grössere Zahl von Oefen mit einer einzigen Esse von entsprechend grösserer Höhe und Weite. Diese Einrichtung kann indessen nur dann Vortheil gewähren, wenn die benutzten Gase nicht direct aus dem Ofen entlassen, sondern zuvörderst noch weiter benutzt werden.

---

[1]) Der Verfasser hat die Dimensionen derselben bereits im 3. Jahrgange des Jahrbuchs des schlesischen Berg- und hüttenmännischen Vereins 1861, S. 254 veröffentlicht. — [2]) Oesterr. Jahrbuch 1873, S. 111. Vergl. auch Prager, techn. Blätter, Heft 4, 1874. — [3]) Zu Burbach bei Saarbrücken hat jedes Puddelofenpaar eine Blechesse von 20 m Höhe und 1 m Durchmesser.

Benutzung der Abhitze von Puddelöfen.

Die Gase, welche aus dem Puddelofen entweichen, besitzen eine nicht unbedeutende Wärme. Man kann ihnen diese Wärme nicht im Puddelofen entziehen, weil damit die Temperatur soweit sinken würde, dass der Puddelprocess nicht mehr ausführbar wäre [1]).

Die den über die Fuchsbrücke strömenden Gasen innewohnende Wärme nennt man die Abhitze oder Ueberhitze (*Waste heat*). Zu ihrer ferneren Ausnutzung hat man eine grosse Zahl von Vorschlägen gemacht und Einrichtungen getroffen, von denen indessen nur diejenigen als vernünftig zu bezeichnen sind, welche in unmittelbarer oder wenigstens sehr naher Verbindung mit dem Puddelprocesse selbst stehen.

In dieser Beziehung steht in erster Linie die Unterstützung der Brennkraft des verwendeten Brennmaterials durch die Abhitze, in zweiter die Vorbereitung des zu verpuddelnden Roheisens, in dritter die Erzeugung von Dampf zum Betrieb der Verarbeitungsmaschinen der Puddelluppen.

1. Benutzung der Abhitze zur Unterstützung der Verbrennung.

Diese Art der Benutzung der Abhitze ist entschieden die vollkommenste; denn es wird das Brennmaterial hierdurch lediglich zu dem Zwecke verwerthet, für welchen es bestimmt ist.

Die Wirksamkeit erhitzter Verbrennungsluft ist bei Gelegenheit des Hochofenprocesses (Abth. II, S. 200 u. f.) ausführlich besprochen worden. Eine verhältnissmässige Wirkung ist auch bei der Puddelofenfeuerung anzunehmen. Heisse Verbrennungsluft lässt sich indessen ohne besondere Schwierigkeiten nur bei der Gasfeuerung verwerthen. Man hat zu diesem Zweck zwei Methoden angewendet, die Erhitzung der Luft in eisernen Röhren und die Erhitzung in Regeneratoren.

Erhitzung der Verbrennungsluft in eisernen Röhren. Die eisernen Röhren, durch welche die zu erhitzende Verbrennungsluft strömt, legt man der Regel nach in den Fuchs, der einen entsprechend erweiterten Querschnitt erhält. Die Röhren werden entweder in einigen horizontal neben oder über einander liegenden, durch Krümmlinge ver-

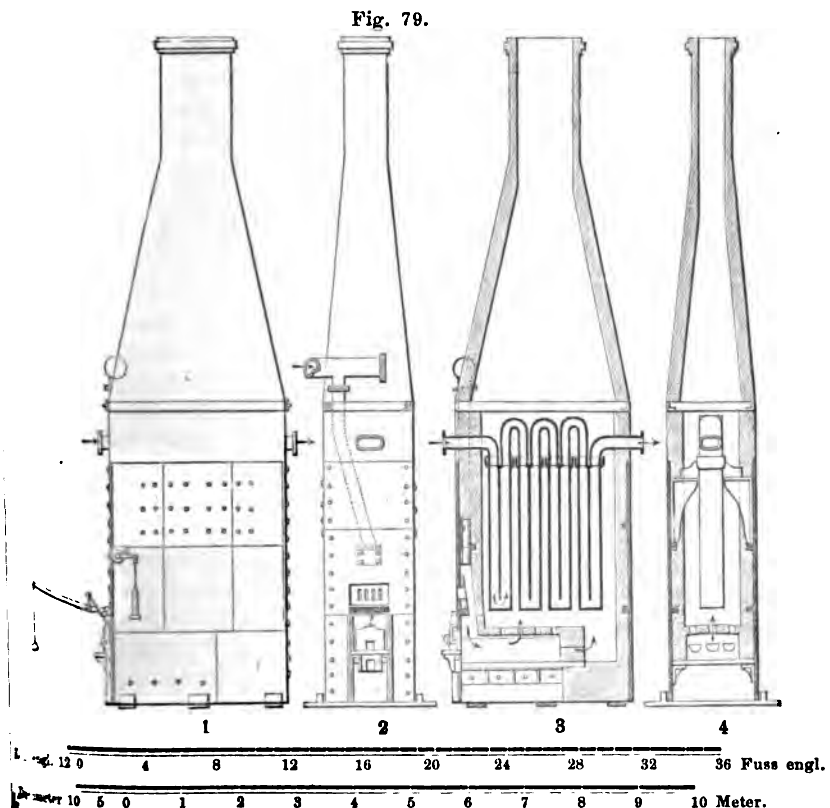
---

[1]) In dieser Beziehung unterscheidet sich der Puddelofen wesentlich von vielen anderen Apparaten, z. B. Siedepfannen und Dampfkesseln, bei welchen es als ein Fehler in der Anlage angesehen werden müsste, wenn die Verbrennungsgase mit erheblicher Temperatur die Feuerzüge verlassen, da zur Erreichung des Zweckes noch jede 100° übersteigende Temperatur ausreicht. — Thompson nimmt, wohl noch zu gering, an, dass von der erzeugten Wärme 57 Proc. ungenutzt verloren gehen, und zwar ca. 12 Proc. durch Strahlung und Leitung der Puddelofenwandungen.

bundenen Strängen quer durch den Fuchsraum geführt, oder bestehen in einer oder mehreren vertical stehenden oder hängenden Abtheilungen.

Eine Einrichtung, welche den Zweck verfolgt, Luft durch die Abhitze der Puddelöfen zu erwärmen, bei der indessen zu bemerken ist, dass der Erfinder nicht die Verbrennungsluft für die Puddelöfen, sondern Gebläseluft für den Hochofen, durch dessen Gase auch der Puddelofen geheizt werden sollte, erhitzen wollte, möge hier als eine in Bezug auf den Zweck keineswegs nachahmungswerthe Einrichtung Erwähnung finden.

Fig. 79.



Levick's Gaspuddelofen.

Die in Fig. 79 abgebildete Vorrichtung ist von Levick zu Coalbrook-Vale-Hütte bei Cwm-Celyn in Südwales construirt worden. No. 1 zeigt den ganzen Gaspuddelofen in Seitenansicht, No. 2 denselben von der Feuerseite aus. No. 3 ist ein verticaler Längs-, No. 4 ein verticaler Querschnitt [1]).

---

[1]) Von diesem Ofen, der bereits 1859 vorhanden war, nahm der Verfasser die Idee zu dem hängenden Röhrenapparate für Winderhitzung. Vergl. Abth. I, S. 114.

Eine andere Einrichtung ist zu Middlesborough von Jones, Howson und Gjers [1]) ausgeführt. Dort geht die Abhitze in eine zweitheilige Kammer, in welcher ein doppeltes, zweifach getheiltes Eisenrohr den durchströmenden Wind erwärmt.

Erhitzung der Verbrennungsluft durch feuerfeste Steine. Erst seit Siemens' Erfindung der Wärmeregeneratoren für Feuerungen (1861) ist eine vollkommene Ausnutzung der Abhitze möglich geworden. Die Anwendung der Wärmeregeneratoren, welche besser allerdings den Namen Wärmespeicher (Wärmesammler, Wärmeaccumulatoren) führen würden, beruht darauf, dass die abziehenden Gase abwechselnd durch eins von zwei Kammerparen geführt werden, welches mit feuerfesten Steinen so ausgesetzt ist, dass ein hinreichender Durchgangsquerschnitt für die heissen Gase bleibt, welche an die Steine den grössten Theil ihrer Wärme abgeben, ehe sie zur Esse strömen. Sind diese Steine so hinreichend erhitzt, dass die Wärmeaufnahme in Folge der geringen Temperaturdifferenz nicht mehr in dem Maasse vonstattengeht, um die Gase hinreichend abzukühlen, so lässt man die letzteren durch das zweite Par Kammern strömen, während die Hitze aus dem ersten Pare einzeln durch Verbrennungsgas und Verbrennungsluft aufgenommen wird, welche je eine Kammer in umgekehrter Richtung durchziehen. Die beiden Kammerpare sind mit dem Ofen so verbunden, dass die Richtung des Feuerstroms im Ofen bei jedem Wechsel die umgekehrte, also die Feuerbrücke zur Fuchsbrücke, die Fuchsbrücke zur Feuerbrücke wird.

Siemens hatte das Princip der Regeneratoren zuerst unter Benutzung nur eines Kammerpares, aber zweier Ofenräume, welche abwechselnd erhitzt wurden und in denen Stahlstangen geglüht werden sollten, auf Marriott und Atkinson's Stahlwerken zu Sheffield und dann für einen ähnlichen Zweck auf den Broughton-Kupferwerken zu Manchester eingeführt [2]). Hierbei wurde eine directe Feuerung verwendet, deren Verbrennungsluft allein der Erwärmung unterlag. Die abgehenden Gase nahmen nämlich ihren Weg nur durch eine Kammer, während aus der anderen die Hitze durch den Luftstrom aufgenommen wurde, welcher unter die Feuerung trat. Bei der Uebertragung desselben Systems auf einen einzelnen Ofenraum (z. B. einen Puddelofen) stellten sich grosse Schwierigkeiten in den Weg, welche erst überwunden wurden, als an Stelle der directen, die Gas-Feuerung gewählt und statt zweier Generatoren, deren vier verwendet wurden. Dass auch diese Einrichtung sich sehr langsam Eingang verschaffte und noch immer viel Gegner findet, hat einen doppelten Grund. Erstens musste zuvörderst die irrige Ansicht beseitigt werden, welche Siemens selbst hervorgerufen hatte, dass auch das schlechteste Brennmaterial zur Gaserzeugung geeignet sei, und ferner hat die Benutzung der Regeneratoren für den Puddelprocess eine allerdings in der Sache selbst begründete Schwieri

[1]) Kerpely, Fortschritte 1870, S. 247. — [2]) Percy, Iron, p. 674.

keit. Beim Puddeln ist es, wie dies sich später zeigen wird, von Bedeutung, die Temperaturen mehrfach wechseln, bald erniedrigen, bald erhöhen zu können. Dies gelingt nicht leicht beim Regeneratorbetriebe. Hier lässt sich zwar durch Verminderung des Gas- und Luftzutritts eine Temperaturermässigung und durch Vermehrung eine Temperaturerhöhung gleichfalls erreichen; der Erfolg wird aber nicht sofort, sondern erst nach einiger Zeit fühlbar. Daher erfordert der Regeneratorpuddelofen verständige, den Process hinreichend übersehende Arbeiter, welche die einer späteren Zeit zugutekommenden Aenderungen rechtzeitig vorzunehmen verstehen. So schnell sich daher der Siemens'sche Wärmeregenerator auch im Eisenhüttenwesen da Aufnahme und Eingang verschafft hat, wo es auf eine gleichmässige Hitze ankommt, also beim Schweissen, Stahlschmelzen, Glühen etc., so wenig Verbreitung hat er noch beim Puddeln gefunden. Es ist indessen kaum zu bezweifeln, dass er auch bei diesem Processe mit der wachsenden Uebung in der Behandlung Seitens der Arbeiter sich in steigendem Maasse einbürgern wird[1].

Die Figuren 80 bis 86 (a. f. S.) zeigen die Einrichtung eines Puddelofens mit Regeneratoreinrichtung. Die vier Kammern a, a', a'', a''' sind unter der Sohle des Puddelofens angeordnet. Es sei hierbei bemerkt, dass die Lage der Regeneratoren immer tiefer als die des Verbrennungsraumes sein muss, damit das heisse Gas und die heisse Luft ihrem natürlichen Bestreben aufwärts zu steigen folgen können.

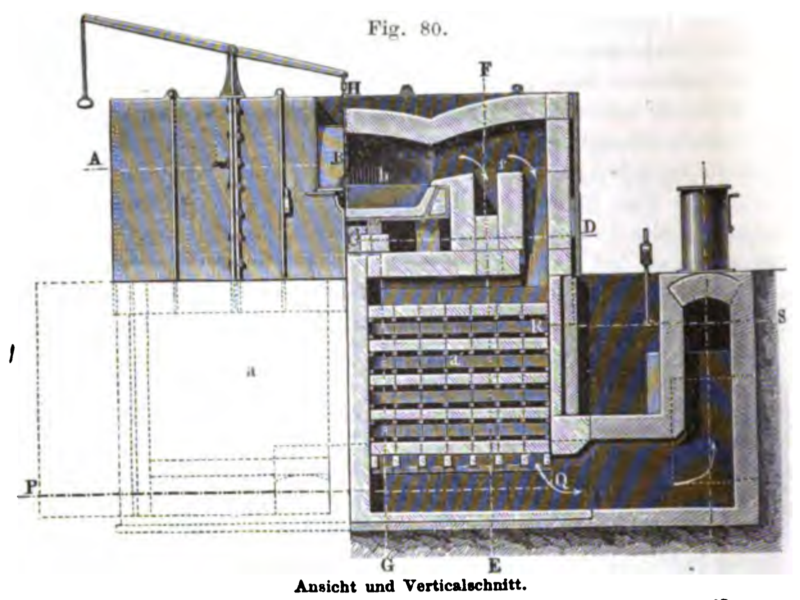
Zwei derselben, also a und a', stehen mit dem einen Ende des Ofens, zwei, a'' und a''', mit dem anderen Ende in Verbindung, indessen jede Kammer durch einen besonderen Verbindungskanal, wie dies Fig. 80 und 83 (a. S. 180 und 181) deutlich zeigen. In letzterer Figur ist der den Ofen mit a'' verbindende Kanal weiss gelassen, während der den Ofen mit a' verbindende Kanal durch punktirte Linien angedeutet ist. Die beiden Regeneratoren, welche nach der Vorderseite des Ofens zuliegen, dienen zur Erhitzung des Gases (Gasregeneratoren), diejenigen, welche nach der Rückseite gelegen sind, zur Erhitzung der Verbrennungsluft (Luftregeneratoren)[2]. Die ersteren stehen durch die Kanäle c und c' (Fig. 86) mit dem Ventilkasten d in Verbindung und können je nach der Stellung des Ventils mit dem Rohr, welches die Gase vom Generator herbeiführt, oder mit dem zur Esse leitenden Kanal g in Verbindung gesetzt werden. Die Luftregeneratoren stehen ihrerseits ebenfalls durch Kanäle c'' und c''' mit einem Ventilkasten und durch diesen je nach der Stellung des Ventils d' entweder mit dem zur Esse führenden Kanal g', oder mit dem Luftansaugerohr in Verbindung.

Haben die Ventile d und d' die Stellung, welche in Fig. 86 angegeben ist, so geht das Gas vom Generator durch das Rohr e und den

---

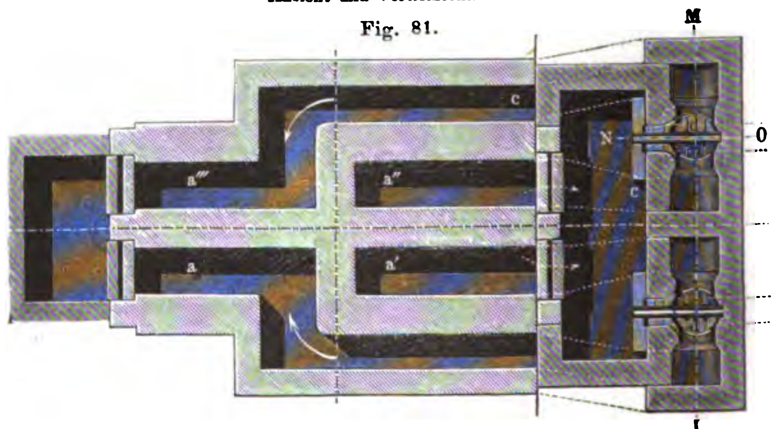
[1]) Besonders beim mechanischen Puddeln, wo die Arbeit unabhängiger vom Arbeiter geschieht. — [2]) Man giebt den Regeneratoren 2 bis 3 cm Fassungsraum pr. Tonne in 24 Stunden verbrannter Steinkohle. Besser ist es, die Luftregeneratoren 2- bis 5-fach grösser als die Gasregeneratoren zu bauen.

Fig. 80.



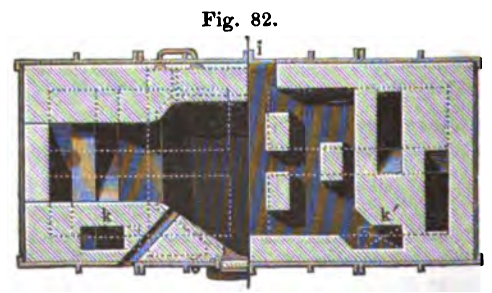
Ansicht und Verticalschnitt.

Fig. 81.



Grundriss nach *PQRS* (Fig. 80).

Fig. 82.



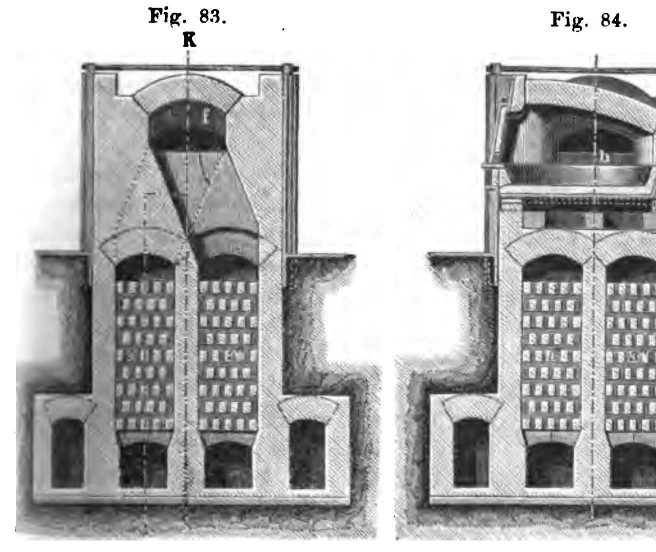
Grundriss nach *ABCD* (Fig. 80).

Zu Fig. 81.

[1] engl. 12 0 3 6 9 12 15 18 Fuss engl.

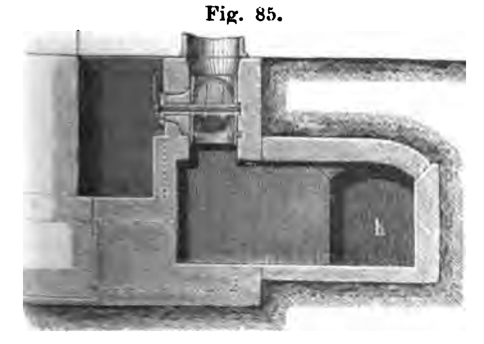
meter 10 5 0 1 2 3 4 5 Meter

Fig. 83. Fig. 84.



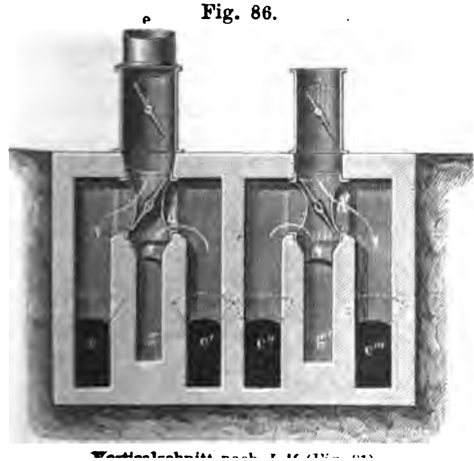
Verticalschnitt nach *E F* (Fig. 80). Verticalschnitt nach *G H* (Fig. 80).

Fig. 85.



Verticalschnitt nach *N O* (Fig. 81).

Fig. 86.



Verticalschnitt nach *J K* (Fig. 81).

Kanal *c* (Fig. 86) in die Kammer des links gelegenen Gasregenerators *a* (Fig. 81) und nimmt aus derselben die Wärme auf. Die Luft geht rechts von d' (Fig. 86) vorbei, durch c''' in die Kammer des links gelegenen Luftregenerators a''' (Fig. 81) und nimmt aus diesem die Wärme auf. Die beiden erhitzten Ströme treffen sich an der links (Fig. 80) gelegenen Feuerbrücke, verbrennen, strömen durch den Ofen, wo sie den Haupttheil der erzeugten Wärme für den Puddelprocess abgeben, und gelangen als verbrannte, die Abhitze enthaltende Gasströme, sich theilend in die beiden Regeneratorkammern a' und a''. Beide gehen durch die der Mitte zuliegenden Kanäle c' und c'' (Fig. 86)

in die Mittelkanäle *g* und *g'* (Fig. 86) und von dort in die Esse. — Werden die Ventile *d* und *d'* umgestellt — eine Arbeit, welche durch Bewegung eines gemeinschaftlichen Hebels ausgeführt wird —, so strömt das Gas aus dem Generator durch das Rohr *e*, sowie den Kanal *c'* (Fig. 86) in den Regenerator *a'*, die Luft dagegen nach *a''* (Fig. 81), beide treffen sich und verbrennen über der nach rechts (Fig. 80) gelegenen Feuerbrücke, durchströmen den Ofen, theilen sich über der links gelegenen Brücke und gehen durch die Regeneratoren *a* und *a'''*, die äusseren Kanäle *c* und *c''* (Fig. 86) und durch die Mittelkanäle *g* und *g'* zur Esse. Der zu letzterer führende gemeinschaftliche Hauptkanal ist mit *h* (Fig. 85) bezeichnet.

Der Puddelofen selbst bietet keine besonderen Eigenthümlichkeiten. Der Schlackenherd ruht auf eisernen Platten und diese auf eisernen Trägern. Zur Kühlhaltung des Bodens circulirt zwischen den letzteren Luft, welche durch die Oeffnung *i* (Fig. 82) eintritt und durch die kleinen Essen *k* und *k'* angesaugt wird. Im Uebrigen sind die Feuerbrücken und Herdeisen durch Wasser gekühlt.

Eine vortheilhafte, neuerdings allgemein benutzte Veränderung besteht darin, dass Gas und Luft nicht durch Schlitze eintreten, welche in der Längsrichtung des Ofens hinter einander liegen (vergl. Fig. 80), sondern durch mehrere (circa 6) kürzere Schlitze, welche in der Breite neben einander und abwechselnd angeordnet sind. Es entsteht hierbei eine bessere Vermischung von Gas und Luft und daher eine intensivere Verbrennung.

Vielfach legt man auch jetzt die vier Kammern parallel neben einander unter den Ofen, so dass ihre Längsrichtung rechtwinklig zur Hauptaxe des Ofens steht [1].

Bei neueren Anlagen hat man unter Beibehaltung der übrigen angegebenen Dispositionen häufig den Uebelstand, welcher durch die unmittelbare Lage der Regeneratoren unter dem Ofen entsteht und der sich darin kundgiebt, dass die Sohle behufs Reparaturen, Auswechselung einzelner Theile u. dergl. m. nur sehr schwer zugänglich ist, dadurch zu vermeiden gesucht, dass man die Regeneratoren seitwärts vom Ofen oder hinter demselben angeordnet hat.

Im ersten Falle lässt man den Raum unter der Sohle des Herdes ganz frei und legt die mittleren Wände der beiden Regeneratorenpare in dieselbe Verticalebene mit den Feuerbrücken. Noch zweckmässiger, allerdings aber auch mehr Raum in Anspruch nehmend, ist die Anordnung, bei der die Regeneratoren ebenfalls unter der Hüttensohle, aber hinter dem Ofen liegen. Man kann sie dann einfach mit eisernen Plat-

[1] Eine solche Einrichtung ist z. B. von Åkerman beschrieben und durch Zeichnungen erläutert. Underrätelser om Jernhandteringens Utveckling och sednaste Framsteg. Jernkontoret's Annaler 1873.

ten abdecken und gelangt bei Reparaturen ebenso bequem zu ihnen, wie zu dem Ofen selbst. In diesem Falle giebt man den Regeneratoren, durch welche die Gase horizontal strömen, eine grössere Länge als Höhe und nennt sie liegende Regeneratoren, im Gegensatz zu den vorher beschriebenen stehenden.

Die Steine der Regeneratoren beschlagen sich bei theerhaltigen Gasen, welche vor ihrem Eintritt keiner vollständigen Condensation unterlegen haben, schnell mit feinem Kohlenstoff (Glanzruss). Dadurch wird die Wärmeleitungsfähigkeit der Steine allmälig verringert und hört sogar oft beinahe ganz auf. Zudem kommt bei starkem Zuge noch eine Verstopfung der Zwischenräume durch Asche oder ein Glasiren durch Anschmelzen der letzteren vor, endlich springen die Steine zuweilen und es entstehen dadurch Unregelmässigkeiten im Betriebe. Obwohl nun bei guter Construction und sorgfältiger Aufsicht diese Uebelstände ziemlich vollständig beseitigt werden können, so ist doch eine öftere Reinigung und selbst Erneuerung der Steine nicht zu umgehen. Man würde vielleicht mit mehr Vortheil hier ebenfalls eine ähnliche Construction wählen können, wie diejenige, welche man in neuerer Zeit bei Regeneratoren für die Winderwärmung zum Zwecke des Hochofenbetriebes benutzt hat. Diese von Whitwell angegebene Einrichtung möge (gleichzeitig als Ergänzung zu Abth. II, Seite 146 u. f.) hier Platz finden.

Fig. 87 stellt einen Verticalschnitt, Fig. 88 einen Grundriss dar[1]). Die Gase, welche die Abhitze enthalten, treten durch *B* ein und durchziehen die einzelnen durch die Scheidewände *G* und *H* getrennten Kammerabtheilungen zuerst in der Richtung 1 bis 14, um bei *D* auszutreten und zur Esse zu gehen. Hierauf nimmt der zu erhitzende Luftstrom, durch *C* eintretend, den umgekehrten Weg von 14 bis 1, und strömt durch *A* aus. Auch hier müssen vier Kammern zu einem Systeme vereinigt sein. Die Oeffnungen *E* und *F* dienen zur Reinigung.

Es ist versucht worden, den Vortheil der ununterbrochenen Erhitzung, welchen die Röhrenapparate gegen die Regeneratoren bieten, auch unter Benutzung feuerfesten Thons zu erhalten:

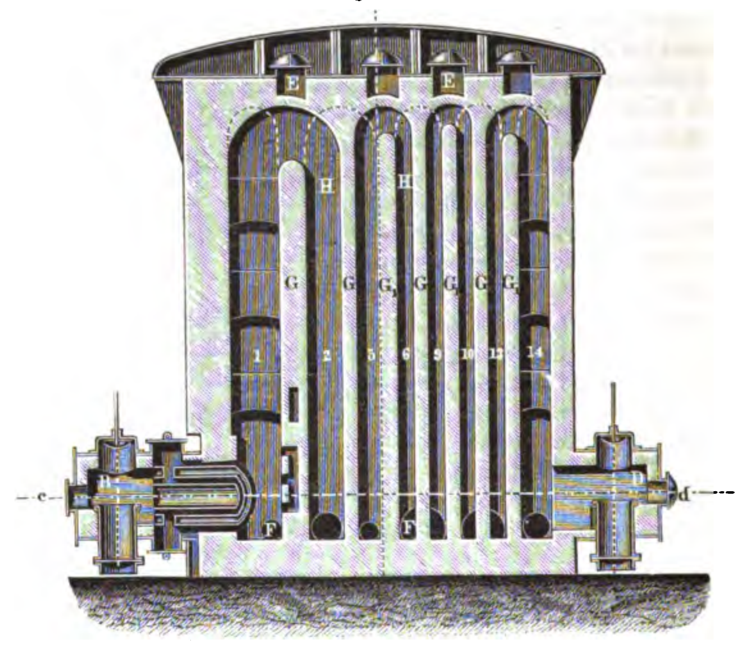
Im Jahre 1871 construirte W. Gorman[2]) zu Glasgow einen Gaspuddelofen, bei welchem die aus einem mit dem Ofen direct verbundenen Generator (*producer*) über der Feuerbrücke einströmenden Gase durch warme Luft verbrannt wurden. Die Abhitzgase fielen vom Fuchs unter die Sohle des Ofens in eine Kammer, in welcher sie eine grosse Zahl (etwa 90) horizontal liegender Thonröhren umspülten, um dann zur Esse zu gehen. Durch die Röhren strömte die zu erhitzende Luft.

---

[1]) Berg- und hüttenm. Zeitung 1870, S. 436. Eine mit vier Parallelreihen von Kammern versehene Einrichtung dieses Apparates war von Whitwell selbst zu Wien 1873 ausgestellt und ist in Kerpely: Das Eisen auf der Wiener Weltausstellung 1873, S. 43 beschrieben und auf Taf. II, Fig. 6 bis 11 abgebildet. — [2]) On the Heat restoring Gas Furnace, including late improvements and adoptations to puddling and heating Iron etc. by Mr. Wm. Gorman.

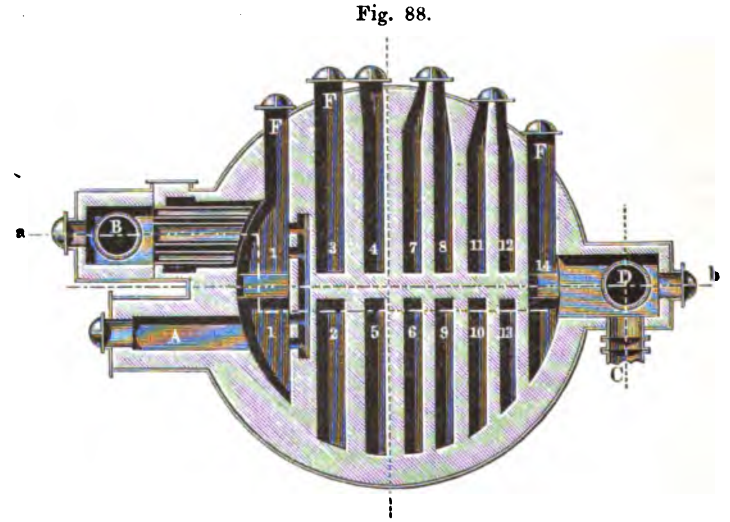
Auch sind feuerfeste Steine so angeordnet worden, dass sie einer-

Fig. 87.



Whitwell's Apparat. Verticalschnitt nach *ab* (Fig. 88).

Fig. 88.



Grundriss nach *cd* (Fig. 87).

seits Kanäle für die Luft, andererseits für die Abhitzgase gewährten.

Derartige Einrichtungen sind z. B. von Ponsard[1]) construirt worden. Sie haben den Vortheil nur eine Kammer erforderlich zu machen, wenn die Verbrennungsluft allein, oder zwei Kammern, wenn Luft und Gase erhitzt werden sollen. Derartige Einrichtungen werden später bei den rotirenden Puddelöfen genauer beschrieben werden.

Auch die Benutzung der Wärme der Ofenwände zur Erhitzung der Verbrennungsluft ist vorgeschlagen und zum Theil auch wirklich gebraucht worden. Man verbindet zu diesem Zwecke besonders die Hohlräume der Herdeisen mit einem zur Feuerung führenden Rohre, in welches ein saugender Ventilator eingeschaltet ist, oder drückt die Luft vermittelst eines vielen Oefen gemeinschaftlichen Ventilators durch diese Kanäle. Auch verschliesst man den Raum unter dem Herde, der dann mit dem Aschenfall in directer Verbindung steht, und lässt nur durch ein unter der Fuchsbrücke einmündendes Rohr die frische Luft zutreten, welche den Boden kühlend, sich selbst aber etwas erwärmend unter den Rost gelangt. Derartig ist z. B. der mehrfach in Süd-Staffordshire zur Anwendung gekommene Ofen von Simencourt construirt[2]). Die Luft tritt zuvörderst durch die hohlen Rostbalken, theilt sich, durchströmt die Feuerbrücke und den Raum unter den Herdplatten, sodann die Fuchsbrücke, theilt sich abermals und geht durch zwei Röhren in die Kammern, welche den Rost umgeben, um von dort aus endlich durch zahlreiche kleine Oeffnungen in die Feuerung zu strömen.

Endlich hat man auch vorgeschlagen, den ganzen Puddelofen durch doppelte Wände einzuschliessen, zwischen denen Luft circulirt, sich erwärmt und in diesem Zustande zur Verbrennung verwendet wird.

Der Nutzen aller solcher Vorrichtungen ist im Verhältniss zu ihren Anlage- und Unterhaltungskosten viel zu gering, als dass sich eine allgemeine Verbreitung hätte Bahn brechen können, ebensowenig wie die ähnlichen Einrichtungen, welche dazu dienen sollten, das erwärmte Kühlwasser aus Herdeisen, Roststäben oder Ofen- und Feuerungswandungen direct als Speisewasser für Dampfkessel etc. zu verwenden, praktischen Erfolg haben konnten.

2. Benutzung der Abhitze zum Vorwärmen von Roheisen.

Eine zweite Art der Benutzung der Abhitze ist die zum Vorwärmen des Roheisens, ehe es dem Einschmelzen im Puddelofenherde selbst unterliegt. Es ist hierbei nicht ausgeschlossen, dass die für den vorliegenden Zweck nicht vollkommen ausgenutzte Abhitze noch weiter verwendet werden. Behufs dieser Vorwärmung verlängert man den Ofen

[1]) Kerpely, das Eisen auf der Wiener Weltausstellung 1873, S. 178, wonach dieselben mit gutem Erfolg zu Seraing benutzt werden. — [2]) Patent von Simencourt und Blackwell A. D. 1861, No. 1445.

und bringt zwischen Fuchsbrücke und Fuchs einen zweiten Herd, den Vorherd, an, welcher von dem Puddelherd entweder durch eine zweite Brücke, die Zwischenbrücke, getrennt ist, oder mit seiner Sohle höher als dieser liegt. Dieser Herd muss eine solche Grösse erhalten, dass das für eine Hitze erforderliche Roheisen darin in einer nicht sehr starken Schicht ausgebreitet oder aufgestellt werden kann.

Der Vorherd ruht auch auf eisernen Sohlplatten; da man aber darin nicht schmilzt, sind diese einfach mit feuerfesten Ziegeln abgepflastert oder mit Thon belegt. Bei einer derartigen Einrichtung darf man niemals Schlacke über die Fuchsbrücke in den Vorherd gelangen lassen. Man hat aus diesem Grunde wohl einen Schlitz in der Hauptfuchsbrücke angebracht, durch welchen etwa überfliessende Schlacke auf einer nach vorn geneigten Ebene an den Fuss des Ofens (an der Vorderwand) gelangt. Diese Einrichtung ist indessen ganz überflüssig, wenn die Arbeitsschwelle hinreichend tief liegt, um der Schlacke hier den genügenden Abfluss zu gewähren.

Mit dem Vorwärmen des Roheisens ist eine wesentliche Abkürzung des Puddelprocesses selbst verknüpft, daher auch eine Ersparung an Brennmaterial. Abgesehen von der Zeit, welche durch die Erhitzung während des Puddelns des vorhergehenden Satzes gewonnen wird, ist auch mit dem Vorwärmen eine vorbereitende chemische Aenderung verbunden, wie dies Seite 11 erörtert wurde.

In Steyermark, wo die Vorherde besonders vielfach Anwendung gefunden haben, ist bei einem 1·738 m langen, 1·448 m breiten Hauptherde der Vorherd der Regel nach 1·580 m lang und 1·264 m breit. Das Gewölbe des Ofens, welches sich über dem Hauptherde allmälig hinabsenkt, geht über der Zwischenbrücke horizontal und zieht sich dann wieder abwärts bis zur Fuchsbrücke, von der aus es der Richtung des Fuchses folgt. Aus diesem Grunde wird die Oberkante der Fuchsbrücke tiefer als die der Zwischenbrücke gelegt.

So ist z. B. zu Carolihütte in Donawitz bei Leoben das Gewölbe in der Mitte des Hauptherdes über den Herdplatten 0·70 m, über dem in gleichem Niveau liegenden Vorherde 0·57 m im Scheitel hoch. Der Zwischenfuchs ist 0·23 m, der Fuchs des Vorherdes 0·26 m hoch, beide gleich breit, nämlich 0·52 m, aber die Oberkante der Fuchsbrücke des letzteren liegt 0·158 m tiefer als die des Hauptherdes [1]).

Auch die Hüttenwerke an der Saar und Mosel haben meistentheils Vorwärmherde an ihren Puddelöfen. Ein Vergleich dieser und der früheren Einrichtung ohne dieselben hat ergeben, dass statt sechs bis acht Hitzen zehn bis zwölf gemacht werden können und dass der Kohlenverbrauch von 125 Proc. des Luppeneisens auf 80, ja 70 Proc. gesunken ist. Man macht dort den Querschnitt des Zwischenfuchses = $^1/_5$ der Rostfläche. Die Zwischenbrücke ist gegen die Abnutzung, welche durch das Ueber-

---

[1]) Ein solcher Ofen wird weiter unten (Fig. 89) abgebildet werden.

heben des Roheisens vermittelst eiserner Schaufeln entsteht, durch aufgeschmolzene Schlacken geschützt. Der Vorwärmherd hat 0·6 qm Fläche und seine Bodenplatte liegt 53 bis 60 mm unter der des Hauptherdes und in der Mitte 0·6 m unter dem Gewölbe [1]).

Obwohl nun nicht zu verkennen ist, dass die Anwendung der Vorwärmherde eine weit grössere Verbreitung zu finden verdiente, als sie gegenwärtig besitzt, so ist doch auch andererseits zuzugeben, dass die Vorherde sich nicht für alle Fälle eignen. Man hat sie mehrfach nach versuchsweiser Einführung wieder abgeworfen, weil ein ökonomischer Erfolg daraus nicht entstand, dagegen in Folge der angestrengteren Arbeit eine Vermehrung des Puddlerpersonals erforderlich wurde.

Im Allgemeinen haben sich die Vorwärmherde nur da bewährt, wo man ein reines, dabei garschmelziges, strahliges, gross- oder kleinluckiges weisses Eisen verarbeitet.

Benutzung der Abhitze zum Schmelzen. Wenn man statt eines flachen Vorherdes einen engeren, von der Flamme vollkommener erfüllten Raum benutzt, so genügt die Temperatur der abgehenden Gase des Puddelofens zum Schmelzen des Roheisens. Da indessen der Versuch, bereits anderweitig eingeschmolzenes Roheisen in dem Handpuddelofen zu verarbeiten, nicht von Erfolg begleitet gewesen ist, so hat man diese Einrichtung nirgends beibehalten.

3. Benutzung der Abhitze zu anderen Vorbereitungsprocessen.

Man hat vorgeschlagen die Abhitze der Puddelöfen zum Reduciren von Erzen zu verwenden, welche dem eingeschmolzenen Roheisen zugesetzt werden sollen. Der Process ist entweder so ausgeführt worden, dass die Gase eine Retorte umspülten, in welcher das Erz mit Kohle reducirt wurde, oder so dass sie eine mit Erz und Kohle gefüllte, bald rotirende, bald festliegende Retorte direct durchstrichen. Derartige Processe sind theils in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde [2]) beschrieben, theils werden sie weiter unten noch näher erörtert werden.

Hier möge nur vorläufig erwähnt werden, dass sie sämmtlich keine Aussicht auf vortheilhafte Einführung haben.

4. Benutzung der Abhitze zur Dampferzeugung.

Obwohl die Schwierigkeit in der Leitung eines mit wechselnden Temperaturen arbeitenden Zugofens, wie es der Puddelofen der Regel nach ist, mit der Länge der Züge wächst und man deshalb vielfach von der Ansicht ausging, es müsse ein jeder Puddelofen mit einer eigenen

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1868, S. 178. — [2]) Abth. I, S. 574 u. f.

möglichst dicht daran stehenden Esse versehen sein, so hat doch die Erkenntniss von der Verschwendung an Wärme, welche in solchem Falle ungenützt in die Luft geht, wenn nicht in einer der vorher beschriebenen Arten die Abhitze zur Unterstützung der Wärmeerzeugung selbst angewendet wird, sehr bald diese Bedenken überwunden. Nun ist in der That kein Apparat so geeignet zur Ausnutzung der Wärme bis auf die letzte Menge, als der Dampfkessel, weil er durch seine Anordnung eine beinahe unbegrenzte feuerberührte Fläche zulässt, von der die Wärme so lange entzogen werden kann, bis die Gase auf die Siedhitze des Wassers abgekühlt sind. Da ferner mit jedem Puddelwerke auch Maschinen verbunden sein müssen, welche das Zängen der Luppen und das Auswalzen des Eisens besorgen, so findet man in der Regel eine ausreichende Verwendung für den Dampf zu Arbeiten, die in zwar nicht unmittelbarem, aber doch sehr engem Zusammenhange mit dem Puddelprocesse stehen und jedenfalls in der Art mit demselben verbunden sind, dass sie mit der Ausdehnung und Einschränkung des letzteren gleichfalls vermehrt oder vermindert werden müssen. Im Allgemeinen reicht daher auch der durch die Abhitze der Puddel- und der zugehörigen Schweissöfen erzeugte Dampf zu diesen Zwecken vollständig aus und es bedürfen die Kessel keiner Hilfsfeuerung, wie dies z. B. bei den Kesseln, welche zum Gebläsebetrieb für den Hochofen benutzt und durch Hochofengase geheizt werden, durchaus erforderlich ist [1]; ja selbst dann, wenn die Abhitze zuvörderst zum Vorwärmen des Roheisens benutzt wird, reicht der Rest zur Dampferzeugung aus und genügt nur da nicht, wo die Oefen mit Regeneratoren betrieben werden. Trotzdem darf man übrigens, obschon es an hinreichenden Vergleichen fehlt, schliessen, dass der Gesammtverbrauch an Brennmaterial bei Benutzung von Regeneratoren, wobei die Dampfkessel einer besonderen Feuerung bedürfen, geringer sein werde, als bei Benutzung der Abhitze zur Dampferzeugung unter Ausschluss der Regeneratoren.

Anordnung der Dampfkessel. Die Dampfkessel werden in verschiedenen Lagen und Stellungen zum Ofen angeordnet. Bald liegen sie über den Oefen, bald hinter denselben, bald neben denselben, bald werden sie vertical aufgestellt. Der Regel nach verbindet man zwei, aber auch zuweilen drei und vier Puddelöfen mit einem Kessel.

Liegende Dampfkessel über den Oefen.

Soll in alten Hütten, bei deren Anlage auf Dampfkessel nicht Rücksicht genommen worden war, diese Einrichtung nachträglich getroffen werden, so fehlt es häufig dazu an Raum und man hat dann die Kessel über einem Ofen oder einem Ofenpar angelegt. Der Kessel hat

[1] Vergl. Abth. II, S. 375.

im letzten Falle der Regel nach seine Axe rechtwinklig zur Längsrichtung der Oefen und besteht aus einem einfachen Cylinder, der an beiden Seiten unterhalb des Wasserspiegels mit Feuerzügen versehen ist. Liegt der Kessel mit seiner Hauptaxe parallel den Oefen, so lassen sich ebensowohl Walzenkessel anbringen, als auch Kessel mit einem inneren Feuerrohr, durch welches die Gase hingehen, während sie an seitlichen Zügen zurückkehren.

Alle diese Einrichtungen dürfen immer nur als Nothbehelf angesehen werden. Von vornherein verbietet sich eine Anlage, bei welcher der Kessel direct vom Mauerwerk des Puddelofens gestützt wird, weil bei der verschiedenen Ausdehnung in der Wärme häufige und dann schwer auszuführende Reparaturen an Oefen wie an Kesseln unvermeidlich sind. Die Anordnung auf eisernen oder gemauerten Säulen, welche, mit besonderen Fundamenten versehen, den Kessel tragen, ist zwar günstiger, aber doch noch keineswegs empfehlenswerth. Die Unzugänglichkeit der Kessel behufs der Beaufsichtigung und Reparatur, die wegen der erforderlichen Kürze der Kessel mangelhafte Ausnutzung der Wärme, die Schwierigkeit den Kessel vor einer schädlichen Einwirkung der Stichflamme zu schützen, geben wichtige Einwände gegen jede Anordnung der Kessel über den Oefen.

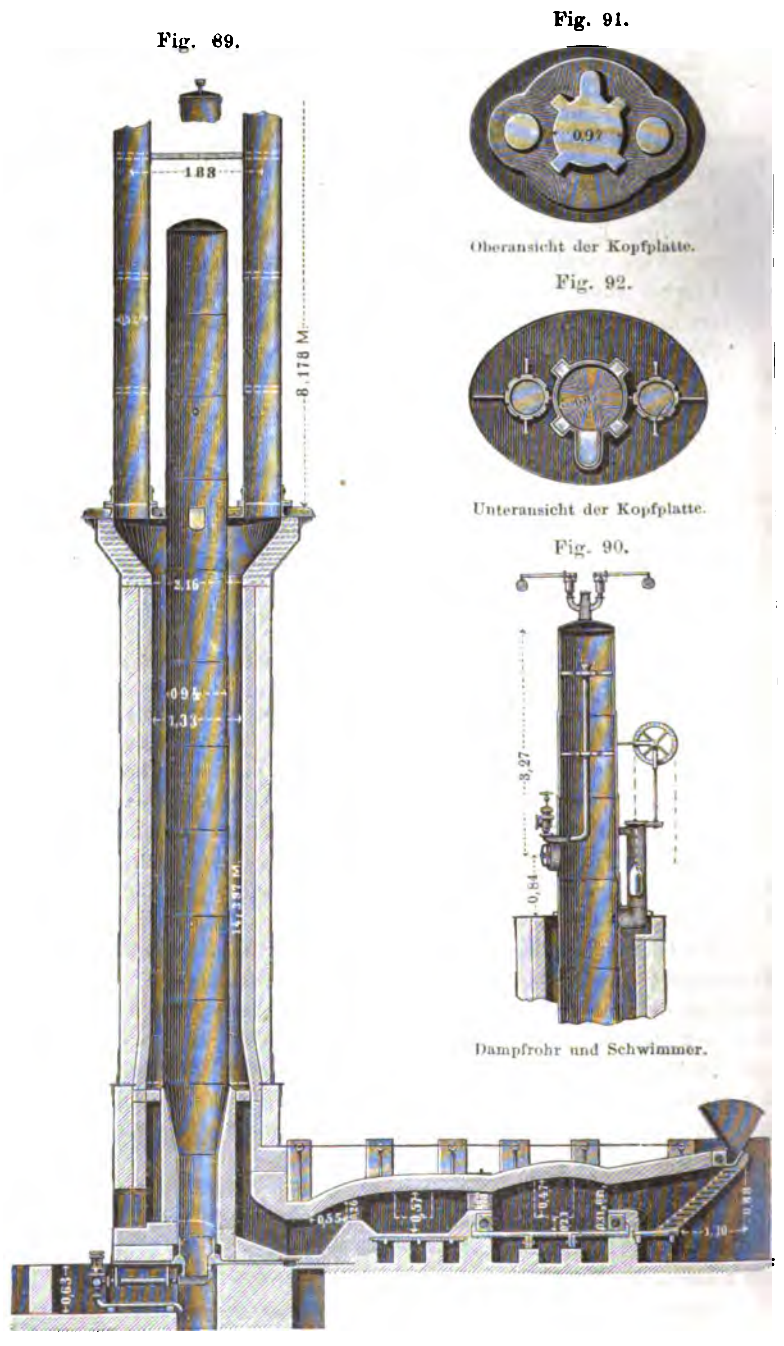
Stehende Dampfkessel neben den Oefen.

Richtiger als die vorgehend beschriebene Anordnung der Dampfkessel ist im Falle eines Raummangels die von stehenden Kesseln neben den Oefen. Solche Kessel pflegt man entweder durch je einen, häufiger durch je zwei Oefen zu heizen. In Oberhausen finden sich sogar vier Oefen mit je einem stehenden Kessel verbunden.

1. In den Figuren 89 bis 93 ist ein einzelner mit stehendem Dampfkessel verbundener Puddelofen abgebildet, wie er zu Donawitz bei Leoben in Steyermark ausgeführt ist.

Der Ofen selbst bietet ein Beispiel einer Braunkohlenfeuerung mit Treppenrost und der Anwendung eines Vorwärmherdes. Der Dampfkessel ist ein einfacher Cylinderkessel. Der untere Theil desselben, welcher mit den nöthigen Vorrichtungen zum Ablassen des Wassers und zum Ausblasen von Kesselstein versehen ist, wird vor der Einwirkung der Stichflamme durch eine niedrige Mauer geschützt. Die Gase strömen im Uebrigen, wie dies aus dem Querschnitt Fig. 89 hervorgeht, einfach am Kessel in die Höhe. Der Dampfraum liegt ausserhalb des Mauerwerks und die Gase werden neben ihm durch zwei Essen in die Luft geführt. An dem oberen Theile des Dampfkessels befinden sich Sicherheitsventil, Wasserstandrohr und in letzterem ein Schwimmer, der mit einer nahe der Hüttensohle hängenden Marke in Verbindung steht.

Um möglichst trockenen Dampf zu erhalten, ragt das Ableitungsrohr vertical in den Dampfraum bis ziemlich nahe an den Deckel des

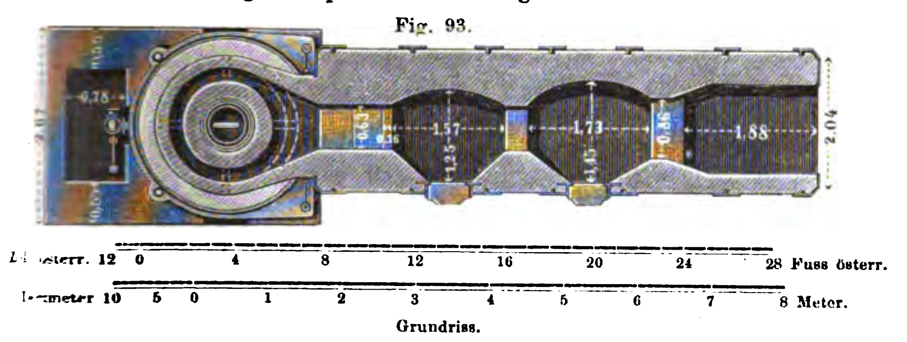


Stehender Dampfkessel zu Donawitz. Verticalschnitt.

Kessels. Der mittlere Wasserstand fällt zusammen mit der Blechfuge, welche über der Kopfplatte des Mauerwerks angegeben ist.

Die Zuführung des Speisewassers erfolgt von unten.

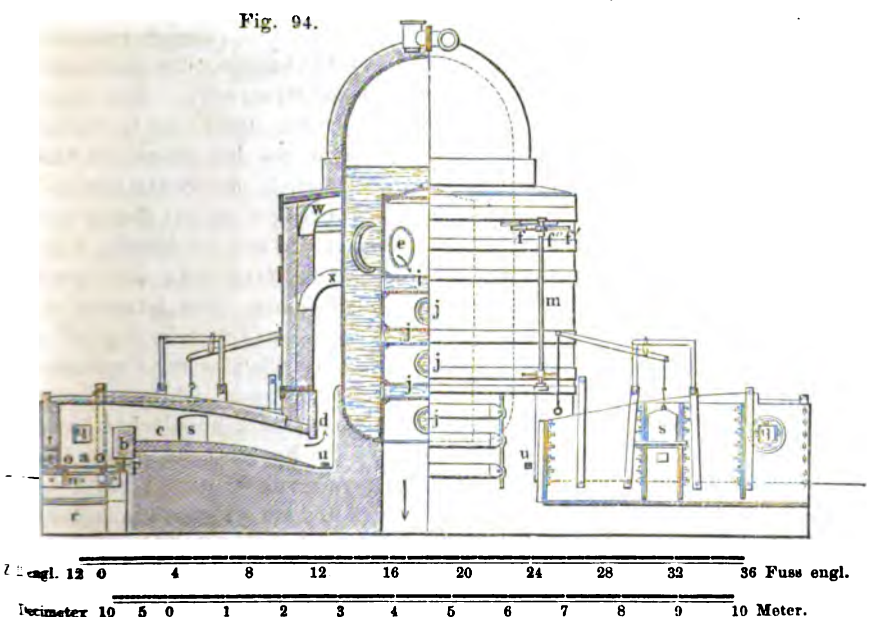
Fig. 93.



Grundriss.

2. Ein anderes Beispiel eines stehenden Kessels ist in Fig. 94 dargestellt [1]). Die Abbildung zeigt links einen Schweiss-, rechts einen Puddelofen, ersteren im Durchschnitt, letzteren in Ansicht. Ebenso ist der Kessel zur Hälfte durchschnitten. Ausser diesen beiden Oefen steht noch ein zweiter Puddelofen hinter, ein zweiter Schweissofen vor der Bildebene und zwar beide parallel zu den gezeichneten Oefen, so dass also auf jeder Seite ein Ofenpar liegt. Die hier abgebildete Einrichtung

Fig. 94.



Stehender Dampfkessel zu Blaina.

[1]) Percy, Iron, p. 691.

findet sich zu Blaina und Cwm Celyn in Südwales, ist aber in ähnlicher Weise sehr häufig in England vertreten, namentlich in Süd-Staffordshire, wo man nur öfters der Abweichung begegnet, dass die vier Oefen in der Richtung ihrer Längsaxen um je 90° gegen einander abweichen. Dies letztere Arrangement ist an anderen Orten mit Recht verworfen, weil die Hitze in den zwischen den Oefen entstehenden Winkeln für die Arbeiter unerträglich werden kann.

Der Kessel des vorliegenden Beispiels ist cylindrischer Form, oben durch eine kalbkugelige Calotte, unten durch einen flachen Boden geschlossen. Unterhalb des niedrigsten zulässigen Wasserspiegels findet sich ein oben geschlossenes centrales Rohr, welches in einen zu einer hohen Esse führenden Kanal ausmündet. Die Gase nehmen in dem letzteren ihren Weg in der Richtung der Pfeile. Dieses centrale Rohr ist durch die im Querschnitt kreisförmigen Stutzen *e* mit dem Aussenraume verbunden. Die Gase jedes Ofens umspülen ein Viertel des äusseren Kessels und treten durch je einen Stutzen in das Centralrohr, wo sie sich mit denen der übrigen Oefen vereinigen. Zur Vermehrung der feuerberührten Fläche des Kessels ist das Centralrohr von sechs schmalen sich kreuzenden Wasserrohren *jj* durchzogen, die gleichzeitig als Verankerung dienen. Der Kessel ruht auf Mauerwerk. Der äussere Feuerraum ist ebenfalls von Mauerwerk begrenzt, durch ein Gewölbe *w* abgedeckt und durch vier verticale Wände in die den einzelnen Oefen zukommenden Abtheilungen getrennt. Unterhalb der Stutzen *e* befinden sich in diesen Abtheilungen je zwei Gurtbögen *x*, auf denen kurze Mauern, die bis zum Gewölbe *w* reichen, ruhen und so Kanäle bilden, welche den Uebergang der Gase in die Stutzen vermitteln und gleichzeitig dazu dienen, eine Drosselklappe aufzunehmen. Die letztere kann von der Welle *m* aus und durch Vermittelung der Getriebe *f*, *f'*, *f''* geöffnet und geschlossen werden; letzteres falls ein Ofen ausser Verbindung mit dem Kessel gesetzt werden soll. Der Dampfraum ist zur Verminderung der Wärmeausstrahlung mit Ziegelmauerwerk überdeckt. In dem Schweissofen bedeutet *a* den Feuerraum, *b* die Feuerbrücke, *c* den Herd, *n* sind die Roststäbe, welche auf den Trägern *o* ruhen; *p* trägt die Feuerbrücke, *q* ist das Feuerloch, *r* der Aschenfall, *s* die Arbeitsthür; *t* bedeutet die Träger der Hinterwand, *u* den Schlackenabstich im Fuchs.

Andere Anordnungen lassen sich in folgender Weise charakterisiren.

3. Der Kessel ist ein Walzenkessel. Die Gase gehen nicht, wie in dem ersten Beispiele, nur aufwärts, sondern über eine Zunge, welche nicht ganz bis an die Decke des Feuerzuges reicht, nochmals abwärts in einen unter der Hüttensohle liegenden, zur Esse führenden Kanal. Der den Kessel concentrisch umgebende Feuerraum ist hier in doppelt so viele Abtheilungen getheilt als Ofenfüchse in denselben münden.

4. Der Kessel ist mit innerem, aber durchgehendem Feuerrohr versehen. Die Gase durchziehen das letztere allein und durchströmen den

Dampfraum. Um die directe Berührung des Feuerstroms mit diesem zu vermeiden, ist das Feuerrohr hier meist um so viel erweitert, dass es mit einem nicht eng anschliessenden Mauerwerkskranze ausgefüttert werden kann. Der zwischen diesem und der Kesselwandung bleibende freie, ringförmige Raum darf nach oben niemals luftdicht abgeschlossen sein, sondern muss im Gegentheil mit einer oder mehreren Luftzutrittsöffnungen, am besten mit einem einfachen Loch zum Eintritt der kalten Luft, und einer kleinen Esse zum Austritt der erwärmten Luft versehen sein.

Die Rauchesse bildet die directe Fortsetzung des erwähnten Mauerwerks und besteht der Regel nach aus Blech.

5. Der Kessel ist (ähnlich wie im zweiten Beispiel) mit einem nicht durchgehenden Feuerrohre versehen, die Gase steigen (wie bei 4) direct in demselben auf, durchziehen aber den Dampfraum in zahlreichen Rauchröhren von kleinem Durchmesser.

Es bleibt noch übrig, die verschiedenen Anordnungen mit einander zu vergleichen. Zuvörderst muss hervorgehoben werden, dass die stehenden Kessel insgesammt einige Mängel haben, welche zwar geringer sind, als diejenigen der über den Oefen liegenden Kessel, jedoch schon genügen, um stehende Kessel für neue Anlagen nicht empfehlenswerth zu machen, wenn nicht Raummangel dazu zwingt, oder bei vorhandenen Anlagen zu grösster Vorsicht und Sorgfalt in der Aufsicht und der Bewartung aufzufordern.

Soll die Abhitze hinreichend ausgenutzt werden, so müssen die stehenden Kessel eine solche Höhe erhalten, dass der Wasserspiegel stets weit über dem Gesichtskreise des Puddlers liegt [1]). Letzterer kann also den Wasserspiegel nicht direct in einem Wasserstandsglase beobachten, oder durch Probirhähne controliren. Ferner bietet der Wasserspiegel eine im Verhältniss zur Dampfentwickelung sehr kleine Fläche dar. Dies hat zwei Nachtheile im Gefolge: Erstens wird der Wasserspiegel verhältnissmässig schnell sinken und bei einer nur geringen Unachtsamkeit in Bezug auf Speisung leicht bis unter den tiefsten zulässigen Stand herabgehen, wonach Erglühen der Kesselplatten und Explosion erfolgen kann. Das verhältnissmässige schnelle Sinken des Wasserspiegels findet ebenso bei einem etwaigen Leckwerden des Kessels statt und auch hierdurch kann daher leichter als bei horizontalen Kesseln eine Explosion herbeigeführt werden.

Man ist diesem Uebelstande mehrfach dadurch einigermaassen entgegengetreten, dass man den oberen Theil des Kessels wesentlich erwei-

[1]) Man kann zwar bei niedrigen Kesseln die Wirkung der Flamme dadurch erhöhen, dass man dieselbe durch zungenartige Vorsprünge des Mauerwerks zwingt, einen zickzack- oder spiralförmigen Weg zu nehmen. Derartige Einrichtungen erschweren aber ungemein die Reinigung der Feuerzüge, welche häufig nöthig ist, und sind nur selten praktisch ausgeführt worden. Solche Kessel von Ernst mit äusserer Feuerung, von Stuckenholz mit innerem Feuerrohr finden sich in der Zeitschrift deutscher Ingenieure 1868, S. 597, und in Kerpely, Fortschritte 1868, S. 194 und 195 beschrieben.

tert und dadurch den Wasserspiegel vergrössert hat. Eine plötzliche Erweiterung verschlechtert indessen die Construction des Kessels in Bezug auf seine Haltbarkeit und es ist daher mehr eine allmälige Erweiterung zu empfehlen, wie sie z. B. auf der Steinhauser Hütte in Westfalen angeordnet ist [1]).

Zweitens ist der Wasserspiegel in Folge der verhältnissmässig starken Dampfentwickelung in beständigem sehr heftigem Aufwallen und ein Wasserstandsglas giebt kein deutliches Anhalten, wenigstens so lange noch überhaupt Wasser in demselben steht. Ebensowenig sind Probirhähne geeignet den Wasserstand genau erkennen zu lassen. Dieselben entsenden beim Oeffnen fast immer ein Gemisch von Wasser und Dampf. Am sichersten wirken immerhin noch Schwimmer und sie gewähren den Vortheil, dass die Marke am Standorte des Puddlers liegen, also leicht von letzterem beobachtet werden kann. Da aber die Stopfbüchse des Schwimmers, welche bekanntlich aufs Sorgfältigste unterhalten werden muss, um dem Schwimmer stets seine Wirksamkeit zu sichern, oben auf dem Kessel liegt, so muss auch in diesem Falle der Puddler den Kessel häufiger besteigen.

Man hat um diese sehr hervortretenden Uebelstände und die grossen Gefahren, welche sie mit sich führen, zu beseitigen, mehrfach Einrichtungen vorgeschlagen, welche bezwecken, den Wasserstand auf andere Weise am Puddelofen kenntlich zu machen. Man hat z. B. heberartig gebogene Rohre herabgeführt, in welchen die Wassersäule durch Quecksilber im zweiten Schenkel balancirt wird; aber die bei einem dünnen Rohre eintretenden Abkühlungsverhältnisse machen alle derartigen Einrichtungen unzuverlässig.

Da nun ganz Aehnliches von der Controle der Dampfspannung gesagt werden muss, welche auch nur zweckmässig gehandhabt werden kann, wenn das Manometer sich am oberen Theile des Kessels befindet, so ist es weit vernünftiger, von jeder Controle Seitens der Puddler abzusehen, dagegen die sämmtlichen oberen Theile der Dampfkessel durch eine hängende, leicht am Dach der Hütte zu befestigende Gallerie zu verbinden und dorthin einen besonderen, nur für diesen Zweck bestimmten Aufseher zu stellen.

Endlich ist als ein allerdings durch gute Einrichtungen (wie z. B in Fig. 90) sehr zu beschränkender Uebelstand der wegen des kleinen Dampfraums entstehende sehr nasse Dampf zu bezeichnen.

Wenden wir uns zu der Frage, ob es sich empfiehlt, mehrere Oefen mit einem stehenden Kessel zu verbinden, so muss die Antwort verneinend ausfallen, namentlich aber muss es als ein entschiedener Fehler bezeichnet werden, wenn verschiedene Arten von Oefen, z. B. (wie in dem 2. Beispiele) Puddel- und Schweissöfen mit einander verbunden werden [2]).

[1]) Die 10·8 m hohen Kessel sind unten 1 m, oben dagegen 1·7 m weit und werden ganz vom Feuer umspült. — [2]) Man nennt so verbundene Oefen gekuppelte Oefen.

Es ist nicht immer möglich, im letzteren Falle sogar ganz unausführbar, die Processe in allen Oefen gleichen Schritt halten und daher stets eine gleiche Wärmeentwickelung stattfinden zu lassen. Dadurch wird der Zug des einen gegen den anderen Ofen beeinträchtigt und der Regel nach ein sehr hoher Brennmaterialaufwand herbeigeführt.

Da die Züge des stehenden Kessels gleichzeitig die Esse bilden können, so vereinigt man durch die Verbindung jedes einzelnen Ofens mit einem besonderen Kessel den Vortheil guter Zugregulirung, welchen Oefen mit einfacher Esse bieten, mit der Ausnutzung der Abhitze.

Aus diesen Gründen kann eine Anordnung, wie sie in den Figuren 90 bis 93 abgebildet ist, für stehende Kessel als die beste bezeichnet werden.

Helmholtz [1]) will gefunden haben, dass, wenn die abziehenden Gase getheilt werden um durch zwei Essen auszuströmen, zuweilen zwar die eine Gase abführt, die andere aber Luft einsaugt, und schlägt zur Beseitigung dieses Uebelstandes die Anordnung von vier Essen vor, deren je zwei der Windrichtung entsprechend geschlossen werden. Jedoch dürften derartige Erscheinungen nur auf falsch gewählte Querschnittsdimensionen zurückzuführen sein.

Krieger [2]) hat dem angeführten Nachtheile dadurch mit Erfolg zu begegnen versucht, dass er die Gase an dem Kessel aufwärts leitete und dann seitwärts durch einen Fuchs in eine besondere gemauerte Esse. Diese Construction mag recht zweckmässig sein, wird aber verhältnissmässig sehr theuer [3]).

Hiernach wird man nun Beispiel 2 und 3 als weniger vortheilhaft bezeichnen können, weil der wieder abwärts geführte Feuerzug nur bei Kuppelung mehrerer Oefen an einen Kessel von Nutzen ist. Der Vortheil, welchen derartige Anordnungen haben, dass nämlich der Kessel bei gleicher feuerberührter Fläche und gleich starkem Zuge niedriger und breiter sein kann, daher der Uebelstand des zur Dampfentwickelung verhältnissmässig kleinen Wasserspiegels sich weniger fühlbar macht, ist nicht hinreichend, um für solche Anlagen zu sprechen. Uebrigens möge hierbei noch erwähnt werden, dass die Anordnung horizontaler Siederöhren, obwohl dieselben zur Verstärkung des Feuerrohres dienen können, sich wegen der darin begünstigten Kesselsteinablagerungen für die meisten Speisewasserarten nicht empfiehlt.

Entscheidet man sich für die Wahl des einfach aufsteigenden Feuerstroms, so bleibt noch die Wahl zwischen den Formen 1, 4 und 5.

Die Construction eines Kessels in Cylinderform bietet die grösste Garantie gegen das Zerreissen durch zu hohen Dampfdruck. Die Ableitung der Feuergase ohne Berührung des Dampfraumes ist hierbei am einfachsten zu bewerkstelligen, wohingegen bei der Anwendung eines

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1868, S. 195. — [2]) Derselbe empfiehlt für die Kessel 10·9 m Höhe, 1·25 m Durchmesser, Feuerzüge 210 mm weit. Die Esse erhält 0·78 m Weite, 25·5 m Höhe. — [3]) Niemals sollte das Kesselmauerwerk hierbei einen Theil der Esse selbst bilden.

inneren Feuerrohrs in Folge der zum Aufsetzen der Schutzmauer erforderlichen Einbiegung des Kessels stets eine Verstärkung durch Stehbolzen oder dergleichen nöthig wird. Aus diesem Grunde ist die erstere Art der Kesselanordnung vorzuziehen. — Ziemlich gleichgültig ist die Wahl, wenn man die Feuergase mit dem Dampfraum in Berührung treten lassen will.

Nach dem deutschen Dampfkesselregulativ vom 29. Mai 1871 wird in §. 2 bestimmt: „Die um oder durch einen Dampfkessel gehenden Feuerzüge müssen an ihrer höchsten Stelle in einem Abstande von mindestens 10 cm unter dem festgesetzten niedrigsten Wasserspiegel des Kessels liegen.“

„Diese Bestimmungen finden keine Anwendung auf Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, sowie auf solche Feuerzüge, in welchen ein Erglühen des mit dem Dampfraum in Berührung stehenden Theiles der Wandungen nicht zu befürchten ist. Die Gefahr des Erglühens ist in der Regel als ausgeschlossen zu betrachten, wenn die von Wasser bespülte Kesselfläche, welche von dem Feuer vor Erreichung der vom Dampf bespülten Kesselfläche bestrichen wird, bei natürlichem Luftzug mindestens zwanzigmal, bei künstlichem Luftzug mindestens vierzigmal so gross ist, als die Fläche des Feuerrostes.“

Diese Ausnahme wird auch für die Kessel Geltung finden können, welche durch die Abhitze der mit directer Rostfeuerung versehenen Puddelöfen geheizt werden, und zwar mit um so grösserer Sicherheit, als die Hitze, welche durch die Verbrennung entwickelt wird, bereits zum Puddelprocesse theilweise verbraucht ist. Bei einem Roste von 1 qm müsste also die vom Wasser bespülte Kesselfläche mindestens 20 qm besitzen, d. h. die Höhe derselben bei einem Diameter eines Walzenkessels von 1 m oder bei der gleichen Weite des inneren Feuerrohres 6·4 m betragen.

Bei Dampfkesseln, welche durch die Abhitze mit Gasfeuerung versehener Puddelöfen geheizt werden, kann die freie Rostfläche nicht maassgebend sein, da nicht von ihr, sondern von der Menge des verbrannten Kohlenoxydgases die Wärmeentwickelung abhängt und da ferner bei einer Speisung mehrerer Puddelöfen durch eine Generatoranlage die Vertheilung des Gases zu den einzelnen Oefen eine ganz beliebige ist. Um in solchen Fällen ein Anhalten zu gewinnen, welches eine der gesetzlichen Anordnung über das Verhältniss der freien Rostfläche zu dem von der Flamme vor der Berührung mit dem Dampfraum bespülten Wasserraume entsprechende Anordnung ergiebt, setze man an Stelle der freien Rostfläche den geringsten Querschnitt der Feuerzüge oder besser noch den Querschnitt des Fuchses an der Mündung in die Feuerzüge des Kessels. Dann wird, wenn dieser Querschnitt sich zu der feuerberührten und gleichzeitig wasserbespülten Fläche des Kessels wie 1 : 20 verhält, ein Erglühen der Bleche im Dampfraum nicht zu befürchten sein.

Den mehrfachen Nachtheilen gegenüber haben die stehenden Kessel den Vortheil, dass sich Kesselstein wenig an den senkrechten Wandungen ansetzt, während dessen Ablagerungen auf dem Boden leicht durch Abblasen entfernt werden können und dort auch nicht Veranlassung zum Durchbrennen der Bleche geben, da der Boden nicht vom Feuer bespült wird.

Als nothwendige Vorsichtsmaassregeln für stehende Dampfkessel jeder Art sind die folgenden zu bezeichnen:

1. Die höchste Stelle der Feuerzüge unter dem niedrigsten Wasserstande ist nicht, wie es das deutsche Regulativ vorschreibt, nur zu 10 cm zu nehmen, sondern mindestens zu 20 cm.

2. Die Feuergase des Ofens müssen sich vom Zutritt in den Kesselheizraum jederzeit absperren lassen. Es muss zu diesem Zwecke im Fuchse ein Schieber angebracht sein, ausserdem aber bei Schluss des letzteren den Feuergasen ein anderer Ausweg gewährt werden können, was namentlich bei Gasfeuerung unentbehrlich ist. Sind die Feuerungen vieler Oefen mit einer gemeinschaftlichen Esse verbunden, so genügt es, einen Zweigkanal vom Fuchse anzulegen, welcher den Kessel umgeht; ist dies nicht der Fall, so muss auf dem Fuchse eine während des Kesselbetriebes geschlossene Blechesse angeordnet sein, deren Mündung am besten bis ins Freie führt und die nur einen geringen Querschnitt zu haben braucht, oder es muss der Fuchs mit leicht abnehmbaren Gewölbstücken, sogenannten Fuchsdeckeln, versehen werden [1].

3. Ist mit dem Kessel eine gemauerte Esse verbunden, was allerdings häufiger bei Gussstahlöfen als bei Puddelöfen vorkommt, so ist der Kessel nicht in deren Wand einzumauern, sondern möglichst getrennt davon aufzustellen, damit bei einer etwaigen Explosion nicht der Einsturz der Esse eine unbedingte Folge sei.

Im Uebrigen sind alle jene Vorsichtsmaassregeln, welche in jedem guten Handbuche für Kesselanlagen [2]) zu finden, wie Lage der Blechkanten in der Richtung des Flammenstroms, Verstärkung des Feuerrohrs gegen das Zusammendrücken durch Ringe u. dergl. m., noch mit weit grösserer Gewissenhaftigkeit anzuwenden, als bei liegenden Kesseln.

Liegende Dampfkessel neben den Oefen.

Reicht der Platz aus, so ist die günstigste Anordnung der Dampfkessel in jeder Beziehung die liegende Stellung neben den Oefen. Auch hierbei ist es vorzuziehen, jedem einzelnen Ofen seinen eigenen Dampfkessel, am besten auch eine besondere damit verbundene Esse zu geben. Der Regel nach verbindet man freilich je zwei Oefen mit einem Kessel und leitet die ausgenutzten Gase von je 10 bis 20 Oefen einer gemeinschaftlichen Esse zu, der man durchschnittlich eine Höhe von 40 m und darüber giebt.

[1]) Jede Gewölbsteinschicht ist zu diesem Zwecke mit Eisen verankert und oben mit einer Oese versehen. — [2]) Vgl. z. B. Scholl, Führer des Maschinisten.

Man findet am häufigsten eine der drei folgenden Arten von Anordnungen:

1. Zwei Oefen sind mit den Arbeitsseiten in einer Linie so angeordnet, dass die beiden Füchse nach der Mitte zu, die Feuerungen daher an entgegengesetzten Seiten liegen. Der Kessel befindet sich beiden Oefen parallel, hinter denselben. Die Gase jedes Ofens umspülen in einem hin- und zurückgehenden Zuge die Hälfte des Kessels, vereinigen sich dann und gelangen in den zur Esse führenden Hauptkanal.

2. Zwei Oefen stehen mit ihren Rückwänden gegeneinander, haben also Fuchs und Feuerung an gleicher Seite. Der Kessel liegt in der Längsaxe der Oefen, die Gase strömen aus den beiden Füchsen getrennt oder vereinigt in Feuerzügen längs des Kessels zu dem gemeinschaftlichen Hauptkanale.

3. Die Oefen entsenden ihre sämmtlichen Gase in einen oder mehrere gemeinschaftliche Hauptkanäle und diese führen zu Kesselgruppen, welche an irgend einer geeigneten Stelle ganz unabhängig von der Hütte selbst aufgestellt sind.

Ein Vergleich dieser Anordnungen ergiebt Folgendes: Die Lage 1 oder 2 wird zuvörderst von der Stellung der Oefen im Hüttenwerke abhängig sein. — No. 1 erfordert mehr Raum in der Längsrichtung, No. 2 mehr Raum in der Breitenrichtung des Gebäudes. Man kann daher der Regel nach im zweiten Falle unbeschränkt lange Kessel anwenden und leichter die Wärme vollständig ausnutzen.

Die zweite Anordnung hat den Vorzug einer grossen Uebersichtlichkeit der bei allen Kesseln analog liegenden Sicherheitsvorrichtungen, Speiseventile, Dampfdome u. s. w. Ein Aufseher kann ohne Schwierigkeit die sämmtlichen Kessel eines Puddelwerks unter genauer Controle halten.

Da man aber sowohl zur Vermeidung der Wärmeausstrahlung in der Hütte als auch zur Abkürzung des Weges vom Ofen zum Luppenhammer die Oefen in die Hütte, die Kessel nahe an den äussern Rand oder am besten ganz aus dem Puddelgebäude legt, sie wenn erforderlich mit einem leichten Schleppdach bedeckend, so spricht der Umstand wieder zu Gunsten der ersten Anordnung, dass bei der Längsstellung der Oefen die Feuerungen günstiger für die Zufuhr der Kohlen liegen, als bei der Querstellung, bei welcher sie am meisten in die Hütte ragen. Dort kann man ohne Verunreinigung des Gebäudes und Hemmung der Luppenförderung Kohlenvorräthe bereit halten, hier ist es nur möglich den allernöthigsten Bedarf liegen zu haben.

Was endlich die dritte Art der Anordnung anbetrifft, so hat sie den Vorzug, dass die Lage der Puddelöfen lediglich den Bedürfnissen des Werksbetriebs angepasst werden kann, dass jede lästige Erwärmung durch die die Abhitze an den Dampfkesseln entlang führenden Züge fortfällt, dass die Dampfkesselanlage ganz beliebig gross gemacht, mit oder ohne Hülfsfeuerung eingerichtet werden kann und dass die Gefahr,

welche aus Explosionen erwächst, wesentlich verringert wird; aber man darf sich nicht verhehlen, dass mit der Länge der Leitungskanäle der Verlust an Wärme durch Strahlung und Leitung sehr bedeutend wächst. Es ist diese Anordnung daher nur da zu empfehlen, wo man über billiges Brennmaterial zu gebieten hat, wo der Raum an sich zwar nicht mangelt, wohl aber leichter ausserhalb, als innerhalb oder nahe an der Hütte zu beschaffen ist.

Diese letztere Einrichtung ist z. B. zu Dowlais in Südwales eingeführt und hat sich dort sehr wohl bewährt. Ein Plan derselben wird weiter unten mitgetheilt werden. Die Kessel stehen circa 16 m von den nächsten, über 100 m von den weitesten Puddelöfen entfernt. Die Gase werden durch einen 4 m im Quadrat weiten, circa 50 m hohen Schornstein angezogen. Zwei beinahe 6 qm weite unterirdische Kanäle führen dorthin. Die Gase strömen zuerst durch das Feuerrohr der Kessel, dann an den Aussenwandungen zurück. Bei der Differenz der Längen ist eine Regulirung des Zuges durch Klappen in den Ofenfüchsen durchaus erforderlich und die Zugkraft der Esse muss bemessen werden nach dem entferntesten Ofen.

Bei allen Unterarten des vorliegenden Systems kann man Cylinderkessel mit und ohne Sieder, weniger gut geneigte Kessel nach Henschelscher und ähnlicher Construction anwenden. Cornische Kessel, oder Kessel mit zwei Feuerröhren lassen sich vortheilhaft nur mit der zweiten und dritten Art der Anordnung verbinden.

Explosionen

von Dampfkesseln, welche durch die Abhitze von Puddelöfen geheizt werden, kommen verhältnissmässig selten vor. Seit 1870 fanden folgende in Preussen statt: Am 12. März 1870 explodirte ein Dampfkessel in dem Walzwerke von Gabriel & Bergenthal zu Soest. Derselbe war ein einfacher liegender Walzenkessel, welcher indessen erst aus einem alten mit Siederohr versehenen Kessel in diese Gestalt gebracht worden war. Die Ursache der Explosion war in der Zerstörung einer der Schlussplatten zu suchen, welche die Ansatzöffnungen der früheren Verbindungsstutzen schlossen und auf welchen sich beständig starke Kesselsteinablagerungen bildeten.

Am 10. Mai 1871 explodirte ein liegender Kessel im Walzwerke zu Geisweid bei Siegen, welcher ebenfalls einfache cylindrische Gestalt besass und durch einen Puddelofen geheizt wurde. Er hatte 1·41 m Durchmesser und 9·42 m Länge, war seit 1858 im Betrieb. Die Ursache der Explosion war in der durch Abnutzung von 9 bis 10 auf 2 mm herabgegangenen, nunmehr zu geringen Blechstärke zu suchen.

Am 18. October 1872 explodirte auf dem Walzwerk der Actiengesellschaft Neuschottland zu Aplerbeck ein mit zwei inneren Feuerrohren

von 0·63 m Durchmesser versehener liegender, von zwei Puddelöfen geheizter Kessel in Folge der Zerstörung der Feuerbleche an der vor der Einwirkung der Stichflamme völlig ungeschützten Mündung. Die ungleiche Erwärmung und daraus folgende Spannung der dort aus drei Blechdicken zusammengenieteten Kesselwandung, vielleicht noch unterstützt durch ein nicht fehlerfreies Material, hatte schon mehrfache Reparaturen nothwendig gemacht und führte zweifelsohne schliesslich auch zur Explosion.

Die schädliche Einwirkung der Stichflamme ist entschieden derjenige Punkt, auf welchen bei Anlage der durch die Abhitze der Puddelöfen geheizten Dampfkessel am allermeisten zu achten ist, um Unglücksfälle zu verhüten. Ein Schutz der betroffenen Stellen durch feuerfeste Ziegeln, wie z. B. in der durch die Fig. 89, S. 190 erläuterten Anlage ist das beste Gegenmittel. Ausserdem leitet man bei stehenden Kesseln mit äusserer Heizung die Füchse am besten tangential in die Feuerzüge, wenn auch dadurch die Reinigung einigermaassen erschwert wird [1].

Im Uebrigen ist die Erhaltung der Bleche bei solchen Kesseln noch häufiger einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, als bei Dampfkesseln, welche durch directe Feuerung geheizt werden, da die Abhitzgase weit reicher an überschüssigem Sauerstoff zu sein pflegen, als die durch unmittelbare Verbrennung auf Rosten erzeugten Gase und zudem ein häufigerer Temperaturwechsel stattfindet, als bei einer gleichmässig fortlaufenden Feuerung.

Verdampfungsresultate.

In der folgenden Tabelle sind einige Verdampfungsresultate nach einer Mittheilung der Zeitschrift deutscher Ingenieure [2]) zusammengestellt, wobei bemerkt wird, dass Kessel No. 1 bis 4 zu Hörde (Hermannshütte), No. 5 bis 6 zu Hagen (Puddlingswalzwerk von Funke und Elbers), No. 7 bis 10 zu Hamm (Puddelwalzwerk von Cosack & Co.) und No. 11 bis 13 zu Eschweiler Pümpchen bei Aachen (Puddelwalzwerk von Englerth & Cünzer) standen. Die Oefen No. 3 und No. 5 arbeiteten mit Unterwind, der Ofen zu No. 4 war mit Vorwärmer versehen, die Oefen zu No. 6 bis 9 erzeugten Feinkorneisen. Der Verbrauch an Steinkohlen ist im Original zu altpreussischen Scheffeln von je 0·55 Hl und nur für No. 1 bis 4 das Gewicht zu je 52·5 Kg angegeben, hier aber durchgehends nach den Angaben der zwei letzten Spalten in Gewicht umgerechnet worden.

---

[1]) Diese tangentiale Einführung ist z. B. mit Vortheil zu Königshütte in Oberschlesien angewendet worden. — [2]) 1864, Seite 30.

Nr. der Kessel	Anzahl der Oefen: Schweiss-	Anzahl der Oefen: Puddel-	Rostfläche in Quadratmetern: pr. Ofen	Rostfläche in Quadratmetern: pr. Kessel	Heizfläche des Kessels in Quadratmetern	Querschnitt (Quadratmeter): Feuerkanal: Ofen	Querschnitt (Quadratmeter): Feuerkanal: Kessel	Querschnitt (Quadratmeter): Schornstein: Ofen	Querschnitt (Quadratmeter): Schornstein: Kessel	Höhe des Schornsteines Meter	Verbrauch an Kohlen in Kg pr. Stunde: Ofen	Verbrauch an Kohlen in Kg pr. Stunde: Kessel	Dampfüberdruck während des Speisens in Kg pr. Quadratcentimeter	Temperatur des Speisewassers in Grad C.	Verbrauch an Wasser pr. Stunde in Kg: pr. Kessel	Verbrauch an Wasser pr. Stunde in Kg: pr. 1 Kg Kohlen
1	—	4	0·837	3·349	45·310	0·132	0·532	0·130	0·520	34·524	96·3	385·23	2·57	86·5	1213·5	3·15
2	2	2	0·912	3·645	42·349	0·132	0·532	0·130	0·520	34·525	130·17	520·7	2·57	86·5	1406	2·70
3	2	—	1·148	2·296	38·851	0·167	0·335	0·148	0·296	48·334	183·79	367·58	2·64	86·5	1066	2·90
4	—	1	0·738	0·738	15·760	0·099	0·394	0·301	0·301	39·231	125·4	125·4	2·64	30	144·2	1·15
5	1	—	0·985	0·985	18·420	0·099	0·462	0·301	0·301	39·231	197·14	197·14	2·64	30	477·1	2·42
6	1	—	1·182	1·182	27·088	0·147	0·493	0·369	0·369	37·662	200·1	200·1	2·86	48	672·5	3·36
7	—	2	0·887	1·773	23·640	0·128	0·620	0·197	0·394	47·706	137·7	275·4	2·86	48	856·5	3·11
8	2	—	1·034	2·069	38·612	0·147	0·522	0·221	0·443	39·231	175·3	350·7	2·86	48	1210	3·45
9	—	1	0·887	0·887	20·094	0·128	0·443	0·197	0·197	39·231	133·0	133·0	2·75	48	415	3·12
10	1	2	0·756	2·266	35·756	0·211	0·640	0·525	1·576	32·954	144·5	433·7	2·53	77	777·3	1·79
11	1	2	0·812	2·437	45·212	0·108	0·620	0·345	1·034	23·539	140·7	422·2	1·45	40	892·2	2·11
12	—	2	0·615	1·231	18·296	0·209	0·418	0·256	0·522	26·364	111·5	223·1	1·99	73	669·3	3·00
13	—	2	0·615	1·231	18·296	0·209	0·418	0·256	0·522	26·364	113·8	227·6	2·00	76·8	453	1·99

Paulus[1]) hat durch eine grössere Reihe von Versuchen gefunden, dass die abgehenden Gase der Puddelöfen auf je 1 Kg verbrannter Kohle 2·6 Kg Wasser zu verdampfen im Stande wären, wobei als Kohle steyrische (Köflacher und Leobner) Braunkohle diente, die Temperatur des Speisewassers 12·2° C., die wirksame Feuerfläche eines jeden Dampfkesselrauchfanges 20·7 qm, der durchschnittliche Dampfdruck circa 3 Atmosphären betrug.

Kupelwieser[2]) hat den Nutzeffect der Dampfkessel, welche durch die Abhitze von Puddel- und Schweissöfen geheizt werden, auf Grund bekannter und neu hinzugefügter Versuchsreihen, einer ausführlichen Erörterung unterworfen, welche die günstigsten Resultate für stehende Kessel ergiebt, wie die folgende Tabelle zeigt:

	Liegende. Innerhalb der Grenzen			Stehende. Innerhalb der Grenzen		
	von	bis	Durchschnitt	von	bis	Durchschnitt
Nutzleistung, Procente	4·3	35·3	22·8	21·7	44·6	29·7
Anzahl Pferdekräfte	1·6	16·3	9·4	7·8	19·1	12·0
Heizfläche des Kessels in qm	8·964	26·201	17·533	12·313	26·595	20·094
pr. Stunde und Pferdekraft verbrauchte Kg Brennstoff	7·8	70·9	19·3	8·95	14·5	11·5
pr. Stunde und Pferdekraft verbrauchte Kg reducirt auf Kohlenstoff	6·7	56·0	13·7	5·5	11·45	8·65
Heizfläche des Kessels in qm pr. qm Rostfläche	7·9	27·5	16·0	12·8	23·1	19·8
Kg Wasser wurden verdampft pr. Stunde und qm Rostfläche	0·975	8·826	5·457	5·506	9·367	6·836
Kg Wasser wurden verdampft pr. Stunde und qm Heizfläche	0·109	0·660	0·345	0·227	0·473	0·345
Kg Wasser wurden verdampft mit 1 Kg Brennstoff	0·4	3·8	1·9	2·1	3·4	2·6
Kg Wasser wurden verdampft mit 1 Kg Kohlenstoff im Brennstoff[3])	0·46	4·81	2·67	3·41	4·3	3·45

[1]) London, Journ. of arts, Nov. 1865, p. 257 u. Kerpely, Fortschritte, 1866, S. 150. — [2]) Oesterr. Jahrbuch, Bd. XIX, S. 289 u. Kerpely, Fortschritte, 1869, S. 181. — [3]) Die Zahlen stimmen im Original nicht mit denen der vorhergehenden Rubrik und sind hier entsprechend corrigirt worden.

Zu dieser Tabelle bemerkt Kupelwieser:

„Auffallend gross sind die Zahlen bezüglich der Nutzleistung, wenn man bedenkt, wie gering die Ausnutzung an Wärme bei dem Hauptprocesse ist, indem von dem Roheisenbade während des Einschmelzens des Roheisens im Puddlingsofen kaum 8 Proc. der erzeugten Wärme aufgenommen werden.

Die Nutzleistung der Ueberhitze bei Puddlingsöfen würde noch grösser sein, wenn bei denselben die Arbeitsöffnung nicht die Hälfte bis ⅔ der ganzen Arbeitszeit (so lange nämlich im Ofen mechanisch gearbeitet wird) offen stehen müsste und daher viel kalte Luft eintritt, wodurch die Temperatur der Gase, welche den Kanal heizen, bedeutend herabgesetzt wird."

Kupelwieser hat eine bedeutende Differenz [1]) in Bezug auf die Verdampfungsfähigkeit der Abhitzgase zwischen Oefen mit und ohne Vorwärmherd, zu Gunsten der letzteren gefunden. Er folgert indessen nicht, dass die Vorwärmherde, welche den Hauptzweck oft wesentlich fördern helfen, als solche verwerflich seien, sondern nur, dass der Verschluss bei den Vorwärmherden häufig sehr mangelhaft erfolge, da die zum Vorwärmen des Roheisens erforderliche Temperatur ohnehin meist leicht erreicht und aus diesem Grunde von Seite der Arbeiter auf den guten Verschluss der Vorwärmherde kein besonderes Augenmerk gerichtet werde.

Uebrigens ist es auch ohne dies erklärlich, dass wenn die Ueberhitze zu einem anderen Zwecke verwendet wird, ehe sie zur Dampferzeugung gelangt, ein gewisser Theil davon absorbirt werden und für letztere verloren gehen müsse.

Die höhere Nutzleistung, welche sich für stehende Kessel herausstellt, sucht der Autor theilweise in einer zweckentsprechenderen Einmauerung der Kessel, da man die Feuerkanäle, ihrer verticalen Stellung halber, meist viel enger als bei liegenden Kesseln, bei welchen sich Flugstaub zu sehr ansetzen würde, halten könne ohne den Zugquerschnitt zu verengen, theilweise aber auch in der leichteren Wartung des Kessels und insbesondere der Reinigung desselben von Kesselstein und äusseren Ansätzen, wie Flugstaub und Essenschlacke, welche die Wärmeleitungsfähigkeit der Kesselwände bedeutend verringern.

Mag dies auch in Bezug auf die Reinhaltung der Züge richtig sein, so ist doch im Uebrigen — wie dies weiter oben erörtert wurde — die Wartung der stehenden Kessel weit schwieriger, als die liegender [2]).

---

[1]) Dies ist in besonderen Tabellen, in Bezug derer auf die Quelle verwiesen wird, durch Zahlen belegt. — [2]) Man sieht übrigens aus diesen Mittheilungen, wie sehr die Ansichten über Zweckmässigkeit einer Einrichtung auseinander gehen können und wie sehr Gewohnheit — in Steyermark findet man stehende Kessel mit Vorliebe angewendet — zu Gunsten von Anordnungen entscheidet.

Die Höhe der Nutzleistung hängt im Grossen und Ganzen fast allein zusammen mit der Grösse der Heizfläche des Kessels, wenn diese mit der Grösse der Oefen im entsprechenden Verhältnisse steht.

Als Durchschnittszahlen fand Kupelwieser bei liegenden Kesseln 17·73 qm Heizfläche pr. Ofen, wobei pr. Pferdekraft eine Heizfläche von 2·168 qm resultirt, somit viel mehr, als in der Regel angenommen wird. Das Maximum der Nutzleistung wurde bei 19·7 qm Fläche, und die durchschnittlich besseren Resultate bei noch grösseren Kesseln erreicht, wobei sich dann die Heizfläche pr. Pferdekraft auf nahezu diejenige Zahl stellt, welche für Ueberhitzkessel gewöhnlich angenommen wird (nämlich 1·6 qm pr. Pferdekraft).

Bei den stehenden Kesseln stellt sich die Durchschnittzahl der Quadratmeter Heizfläche pr. Ofen bedeutend höher, nämlich auf 20·094, sowie das Maximum auf 26·595. Mit dem Maximum der Heizfläche wird auch das Maximum der Nutzleistung erreicht, wobei sich die Heizfläche pr. Pferdekraft auf 1·48 bis 1·58 qm stellt, also nahe der gewöhnlich angenommenen Zahlengrösse.

Da die zweckmässige Grösse der Heizfläche theilweise mit der Qualität des Brennstoffes, vorzüglich mit der Flammbarkeit desselben zusammenhängt, so können darüber keine absolut richtigen Zahlen aufgestellt werden, welche für jedes Verhältniss passen. Als richtigsten Durchschnitt fand Kupelwieser indessen

bei liegenden Kesseln und	kleineren Oefen	14·775 bis 19·700	qm
„ „ „ „	grösseren Oefen	19·700 bis 24·625	„
bei stehenden „ „	kleineren Oefen	19·700 bis 24·625	„
„ „ „ „	grösseren Oefen	24·625 bis nahe 29·550	„

Heizfläche, bei welchen Annahmen die kleineren Zahlen für kurzflammige, die grösseren hingegen für langflammige Brennmaterialien zu wählen sein würden. Da der Brennstoffaufwand eines Ofens, für welchen ein Ueberhitzkessel construirt werden soll, ebenso eine bekannte Grösse ist, wie der Brennwerth der Kohle, so ist auch die Heizfläche des Kessels aus dem Brennstoffverbrauche und daraus das Verhältniss zwischen Rostfläche und Heizfläche des Kessels bestimmbar.

Aus den von Kupelwieser zu Grunde gelegten Beispielen fand derselbe keine sehr grossen Differenzen in dem Brennstoffaufwand, respective Kohlenstoffaufwand des Brennmaterials und ferner, dass die grösste Nutzleistung dann erreicht werde, wenn pr. Quadratmeter Heizfläche des Kessels bei liegenden Kesseln nahe 5 Kg, bei stehenden Kesseln noch etwas weniger Kohlenstoff des Brennmaterials verwendet wird. Angenommen wird im grossen Durchschnitte, dass pr. Pferdekraft 0·1 qm Rostfläche erforderlich sei. Da mit der Grösse der Rostfläche auch die Menge des pr. Stunde verzehrten Brennmaterials und dadurch auch die absolute Dampfmenge zunehmen muss, so sind, wenn auch die Qualität des Brennstoffes einen wesentlichen Einfluss ausübt, die geringen Abweichungen in den Resultaten zu erklären. Die grösste Nutz-

leistung ist auch hier wieder zwischen beiden Extremen, und zwar bei 0·07 bis 0·10 qm Rostfläche pr. Pferdekraft gefunden worden. Im Allgemeinen zeigte sich, dass die Nutzleistung in höherem Maasse abnimmt, als die Rostfläche pr. Pferdekraft über die angegebenen Zahlengrössen zunimmt.

Auf die Menge des pr. Quadratmeter Rostfläche und Stunde verbrannten Brennmaterials hat die Beschaffenheit desselben, die Stärke des Zuges, namentlich also die Höhe der Esse Einfluss, nicht aber die Grösse des Kessels. — Während die Menge des pr. Quadratmeter Rostfläche und Stunde verdampften Wassers wesentlich von der Einrichtung des Kessels, nächstdem aber ebenfalls von der Beschaffenheit des Brennmaterials abhängt, fand Kupelwieser unter gleichen Verhältnissen die günstigste Nutzleistung bei einer Verdampfung von 2 Kg Wasser pr. Stunde und 0·1 qm.

Endlich sind noch die Verdampfungsversuche von Vehling zu erwähnen, welche derselbe auf dem Thomée'schen Puddelwerke zu Verlohl anstellte.

Jeder der 16 Oefen dieses Werkes hat einen eigenen, einfach cylindrischen Dampfkessel von 1·10 m Weite und 11·9 m Länge. Je zwei Oefen haben aber einen gemeinschaftlichen Schornstein von 0·94 m Weite und 22·5 m Höhe. Die Abhitze wird in gerader Richtung unter den Kesseln hergeleitet. Hinter denselben vereinigen sich dann je zwei Füchse zu einem einzigen Kanal. Die Versuche, welche mit möglichster Genauigkeit angestellt wurden, ergaben, dass während 12 Stunden bei einer feuerberührten Fläche von 23 qm jeder Kessel 8000 l, oder pr. Stunde und Quadratmeter 9·25 Kg Wasser verdampfte. Dabei verdampfte 1 Kg Steinkohle $4^3/_4$ Kg Wasser. Es wurden in 12 Stunden 1170 Kg Luppen gepuddelt.

Die mitgetheilten Beispiele beweisen, dass sich durchschnittliche Angaben kaum machen lassen, da sich die Leistungsfähigkeit der Kessel, die durch Ueberhitze geheizt werden, sowohl wesentlich nach der Beschaffenheit des Brennmaterials richtet, als auch nach der Art des Betriebes, namentlich nach dem grösseren oder geringeren Luftzutritt durch die Thüren des Puddelofens. Die meist als gültig betrachteten Durchschnittsannahmen, wonach

1. die Ueberhitze eines Puddelofens Dampf für durchschnittlich 8 Pferdekräfte (6 bis 10) liefert,
2. an Heizfläche pr. Pferdekraft 1·6 qm,
3. für jeden Quadratmeter Rostfläche, 14 qm Heizfläche des Kessels zu rechnen sind,

haben daher nur einen sehr allgemeinen Werth.

Anordnung der Puddelöfen gegeneinander.

Bei der Anordnung einer Puddelhütte ist in erster Linie auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen: erstens muss der Raum zwischen zwei Arbeitsstätten hinreichend gross sein, um einerseits nicht die Arbeiter bei der Benutzung der Werkzeuge zu hindern, andererseits die Hitze, namentlich im Sommer, nicht zu hoch steigen zu lassen; zweitens muss die Entfernung der Einsatzthür jedes Puddelofens möglichst nahe am Zängeapparate und am Rohschienenwalzwerke liegen. Alle übrigen, wenn auch wünschenswerthen Einrichtungen, wie Bequemlichkeit der Roheisen- und Brennmaterialzufuhr, der Schlackenabfuhr, Möglichkeit einer ungehinderten Ausdehnung und dergleichen mehr, kommen erst in zweiter Linie in Betracht. Die hinreichenden Anhaltspunkte für die zweckmässigste Anordnung von Puddelofenhütten werden sich hiernach erst ergeben, wenn die Zänge- und Walzapparate näher betrachtet worden sind, und ihre praktische Durchführung soll dann an Beispielen erläutert werden; indessen können schon jetzt folgende Grundzüge der zu wählenden Anordnungen festgestellt werden.

1. Je zwei Puddelöfen werden mit den Rückwänden zusammengelegt. Dies ist die häufigste Anordnung. Je zwei Fronten von Puddelöfen dürfen dann nicht weniger als 3·75 m von einander liegen, haben aber zweckmässiger eine Entfernung von 4 m [1]).

Liegen zwei solcher Ofenreihen neben einander, so muss sich zwischen ihnen ein Gang von circa 5 bis 6 m befinden, wenn nicht eingeschobene Apparate und Vorrichtungen eine grössere Breite bedingen.

2. Zwei Oefen stossen mit ihren Füchsen an einander, die Ofenfronten liegen also in einer Linie. Zwischen je zwei Feuerungen muss dann der nöthige Raum zum Durchführen des Brennmaterials bleiben, wenn nicht hängende Bahnen zur Förderung angeordnet sind. Der Raum ist im angegebenen Falle zu mindestens 2 m zu nehmen.

3. Mehrere Oefen, der Regel nach sechs, sind staffelförmig angeordnet. Das mittelste Paar derselben springt am meisten in die Hütte vor, das folgende Paar zu beiden Seiten derselben liegt soweit zurück, dass die Arbeitsseiten des ersten bequem zugänglich bleiben; das dritte Paar endlich liegt an der Grenze der Hütte. Die Bedienung der Feuerungen bei einer solchen Anordnung ist wegen der Kohlenanhäufungen leicht störend für die Arbeit, die Anordnung lässt sich daher mit Vortheil nur bei Gasfeuerung verwerthen. Bei directer Feuerung muss mindestens der Aschenkanal überdeckt sein [2]).

---

[1]) Dies giebt von Mitte zu Mitte zweier Paare circa 8 m. — [2]) Eine solche Anordnung für Schweissöfen findet sich zu Forbach in Lothringen und ist von Kerpely in der Berg- und Hüttenm. Zeitung 1870, S. 217 beschrieben.

Sind die Oefen mit liegenden Dampfkesseln verbunden, so müssen diese stets nach aussen liegen. Bei Querstellung der Oefen (Fall 1 und 3) müssen demnach die Feuerungen der Oefen nach dem Innern der Hütte zu angelegt werden. Dies hat zwar den bereits früher erwähnten Nachtheil, dass die Versorgung der Feuerungen mit Kohlen die Puddelarbeit stören kann, ist aber trotzdem der umgekehrten Anordnung vorzuziehen, welche den sehr wesentlichen Nachtheil hat, dass der Weg vom Ofen zum Zängehammer und Walzwerk bedeutend verlängert, und dass ausserdem die Hitze im Gebäude wesentlich vermehrt wird; übrigens wird auch die Gefahr bei Explosionen, welche dann den Einsturz des ganzen Hüttengebäudes herbeiführen können, erhöht.

Der Puddelprocess.

Der Puddelprocess wird verschieden ausgeführt, je nachdem man ein kohlenstoffarmes oder ein kohlenstoffreiches Eisen erzielen will, d. h. je nachdem man Schmiedeisen (sehniges Eisen) oder Stahl und Feinkorneisen (Korneisen) erzeugen will. Es ist schon weiter oben ausgeführt, dass unter der Voraussetzung der Anwendung grauen Roheisens der Process zur Erzielung sehnigen Eisens der Dreimalschmelzerei des Herdfrischens auf Schmiedeisen analog ist, und der Process zur Erzeugung körnigen Eisens der Zweimalschmelzerei auf Stahl entspricht, während bei Benutzung weissen Roheisens zur Erzeugung sehnigen Eisens sich leicht die Analogie mit der Zweimalschmelzerei auf Schmiedeisen ergiebt und eine der Einmalschmelzerei auf Stahl analoge Arbeit nur selten, eine der Einmalschmelzerei auf Schmiedeisen entsprechende Methode fast gar nicht mehr vorkommt. Auch hier soll wie beim Herdfrischen von der umfassendsten Arbeit, d. h. also vom Puddeln auf Schmiedeisen aus grauem Roheisen ausgegangen werden. Die sämmtlichen Arbeiten werden im Uebrigen unter den zwei Hauptabtheilungen: Puddeln auf Sehneisen (Sehne) und Puddeln auf Korneisen (Korn) behandelt werden.

Im Allgemeinen muss an die Seite 9 u. a. a. O. erörterten Vorgänge bei der Oxydation des Roheisens überhaupt erinnert werden, sowie daran, dass man unter dem Roheisen die beiden Arten, das rohschmelzige und das garschmelzige, zu unterscheiden hat. Zu der ersteren gehört das graue Roheisen, dessen Rohschmelzigkeit mit dem Grafitgehalte zunimmt, und das Spiegeleisen, dessen Rohschmelzigkeit mit dem Mangangehalte zunimmt, während das weisse Eisen garschmelzig ist und zwar um so mehr, je tiefer der Gehalt an (chemisch gebundenem) Kohlenstoff und an Mangan sinkt.

Die Menge des zum Puddeln angewendeten Roheisens beträgt im Durchschnitt pr. Hitze 150 bis 250 Kg. Sie sinkt beim Feinkorn- und besonders beim Stahlpuddeln bis auf 125 Kg und steigt (z. B. in Doppel-

öfen) auf 500 Kg, selten erreicht sie 1800 bis 2000 Kg und zwar nur, wenn es auf Erzeugung einer einzigen sehr grossen Luppe ankommt. Mit der Menge des Roheisens wächst die Schwierigkeit der Puddelarbeit und die Unsicherheit des Erfolges, namentlich in Bezug auf die Höhe des Kohlenstoffgehaltes, wenn Korneisen erzeugt werden soll, sowie auf die Abscheidung schädlicher Substanzen.

A. Puddeln auf Sehne[1]).

Nachdem der Herd in der Seite 145 beschriebenen Art zurecht gemacht, oder hinreichend mit Schlacke, Eisenstein oder Hammerschlag ausgebessert worden ist, wird das Roheisen in den rothglühenden Ofen eingesetzt und zwar, wenn der Ofen nicht mit Vorwärmherd versehen ist, auf einer am Ende schaufelartig ausgeschmiedeten Eisenstange durch die ganz geöffnete Thür, anderenfalls über die Zwischenbrücke. Die Stücke Roheisen wiegen 6 bis 12 Kg.

a. Arbeiten und Vorgänge bei Anwendung von grauem Roheisen.

Das Roheisen wird pyramiden- oder zeltförmig aufgestellt, so dass beim Einschmelzen der Feuerstrom die Oberfläche der Stücke gut bespülen kann. Die Einsatzthür wird ganz geschlossen, wenn nöthig festgekeilt und verschmiert. In die Arbeitsthür kommt ein Stück Kohle und davor das Schliessblech. Das Feuer wird gut angeschürt und bei ganz geöffnetem Zuge lebhaft unterhalten. Das Roheisen schmilzt nun tropfenweise nieder und sammelt sich unter einer Schlackendecke auf dem Boden des Ofens an, aber es fallen auch einzelne Stücke, ehe sie gegeschmolzen sind, zu Boden und liegen dort ziemlich unveränderlich, da die Abkühlung durch den kälteren Boden sie am Schmelzen hindert. Aus diesem Grunde wird nach einer Zeit von meist 20 bis 30 Minuten die kleine Arbeitsthür geöffnet, die spitze Brechstange (der Spitz) eingeführt und mit dieser der Boden untersucht. Alle dort befindlichen ungeschmolzenen Stücke werden abgestossen und emporgebracht. Man nennt diese Arbeit das Aufstechen.

---

[1]) Die älteste ausführliche Beschreibung des Puddelprocesses dürfte die des Dr. Beddoes sein, welche der Royal-Society am 24. März 1791 vorgelegt wurde. Derselbe war allerdings noch nicht im Stande die chemischen Vorgänge richtig zu beurtheilen. Er nennt die Entwickelung der blauen Kohlenoxydgasflämmchen Fermentation und hat keinen Erklärungsgrund für das Heisserwerden der Charge zu einer bestimmten Zeit, auch wenn die Flamme abgestellt ist. Die Roheisenmenge betrug nach ihm damals 125 Kg und wurde in einem mit zwei Essen (einer an der Fuchsseite wie gewöhnlich, einer zweiten über der Feuerung) versehenen Puddelofen verarbeitet.

Bereits beim Einschmelzen finden alle jene chemischen Vorgänge statt, welche Seite 20 und f. erörtert sind und weiter unten durch Analysen belegt werden sollen. Am Ende des Einschmelzens und nach vollendeter Aufstecharbeit befindet sich daher das Roheisen in einem dem gefeinten Eisen gleichen Zustande, d. h. der Grafit ist in die Form des amorphen Kohlenstoffs übergegangen, ohne sich in Bezug auf seine Menge verändert zu haben, das Silicium ist oxydirt und bildet mit Eisenoxydul verbunden eine Schlackendecke, welche auf dem Eisen gleichmässig vertheilt schwimmt. Am meisten kommt der Process beim Einschmelzen im Puddelofen dem Feinen des grauen Roheisens im Flammofen nahe; von dem Feinprocesse im Herde und von der ersten Periode des Herdfrischens (S. 58) unterscheidet er sich dagegen dadurch, dass schon während des Einschmelzens an der Oberfläche des Roheisens eine starke Schicht Oxydoxydul gebildet wird und daher sofort eine Schlacke entsteht, welche eisenreich (Singulosilicat) ist. Erst nach und nach geht diese Schlacke, die sich selbst einer eigentlichen Garschlacke in ihrer Zusammensetzung nähern kann, durch fortschreitende Oxydation des Siliciums wieder in eine Rohschlacke über. Am Ende der ersten Periode des Puddelprocesses hat man ganz die Producte, welche beim Feinen und Herdfrischen gekennzeichnet wurden. Zwar wirkt schon jetzt die Schlacke durch Uebertragung von Sauerstoff auf das darunter liegende Eisen ein und diese Einwirkung wird durch die den Boden bildende Schlacke unterstützt, aber die Reaction geht in diesem Zustande so langsam vor sich, dass derselben nunmehr durch künstliche Luftzuführung zu Hülfe gekommen werden muss.

Dies geschieht durch das Kratzen oder eigentliche Puddeln des Eisens. Die früher beschriebene, vorn umgebogene Eisenstange, Kratze oder Haken genannt, wird durch die kleine Arbeitsthür in den Ofen geführt, nachdem das ganze Bad, welches theils durch die Feuerung beim Einschmelzen, besonders aber in Folge der durch die Oxydation des Siliciums entwickelten Hitze sehr dünnflüssig geworden war, durch Abkühlung etwas verdickt ist. Die Abkühlung wird durch Verminderung des Zuges, nur bei mangelhafter Arbeit durch Aufgiessen von Wasser erreicht. Zu dieser Zeit kann man auch da, wo reine und reiche Erze (Roth- oder Magneteisenstein) zu Gebote stehen, nicht unbeträchtliche Mengen derselben zusetzen und dadurch das Ausbringen wesentlich erhöhen.

Die Abkühlung ist einer der wesentlichsten Mängel des Puddelprocesses, welcher sich nicht beseitigen lässt, da in einem sehr dünnflüssigen Bade das Kratzen zu geringe Wirksamkeit haben und daher zu lange dauern würde. Die durch Oxydation des Siliciums entstandene Wärme geht daher wieder verloren.

Mit der Kratze werden in das Bad Furchen gezogen, in welche atmosphärische Luft eindringt. Dadurch wird Eisen oxydirt; die Schlacke löst das Eisenoxydoxydul und wirkt durch letzteres auf den Kohlen-

stoff des Eisens oxydirend ein. Das Kratzen muss so ausgeführt werden, dass es alle Theile des Eisens gleichmässig trifft und ausserdem stets der Boden von etwaigen Ansätzen rein bleibt. Zu diesem Zwecke wird die Kratze am hinteren Ende der Fuchsbrücke eingesetzt, langsam nach vorn gezogen, unter einem spitzen Winkel gegen diese Richtung wieder nach der Rückwand geführt u. s. f. bis die Feuerbrücke erreicht ist, worauf in gleicher Weise rückwärts zur Fuchsbrücke vorgegangen wird. Es folgt hierbei die Kratzenschärfe der Form des Bodens und erhält daher durch die Hand des Puddlers eine leicht schwingende, oft mit einem seitlichen Rütteln verbundene Bewegung. Wird ein Ansatz auf der Sohle bemerkt, so muss dieser sofort gelöst werden und gelingt dies nicht mit der Kratze allein, so wird der Spitz zu Hülfe genommen. Nach einiger Zeit, der Regel nach in 5 bis 8 Minuten, ist die Kratze weissglühend geworden und bietet nicht mehr die hinreichende Steifigkeit. Sie wird daher herausgenommen, nachdem durch einige Stösse auf die Arbeitsschwelle anhängende Massen soviel wie möglich entfernt sind, in den Wasserbehälter geworfen, noch vor völliger Abkühlung auf den Bodenplatten der Hütte gerade gerichtet, gut von Schlacke befreit und dann gänzlich im Wasser abgekühlt.

Sobald die Kratze aus dem Ofen ist, wird eine frische eingeführt und ein zweiter Arbeiter macht dieselbe Manipulation durch. Schon nach kurzer Zeit, meist bereits vor dem Heisswerden der ersten Kratze, ist die Schlacke in eine eisenoxydoxydulhaltige Garschlacke übergegangen und die Kohlenoxydgasentwickelung beginnt. Das Gas zeigt sich zuvörderst in blauen Flämmchen, welche den durch die Kratze gezogenen Furchen folgend aufsteigen. Allmälig nimmt die Entwickelung des Gases durch die ganze Masse so zu, dass ein vollständiges Aufschäumen (Kochen) eintritt und der Ofeninhalt scheinbar an Volumen bedeutend wächst. Die Schlacke steigt schliesslich so hoch, dass sie in nicht unbedeutender Menge über die Herdschwelle, oder bei niedrig gehaltener Fuchsbrücke über diese abfliessen kann. Im ersteren Falle schützt sich der Arbeiter vor ihrem Einflusse durch ein vorgestelltes [1]) Blech (Schutzblech), hinter welchem sie sich entweder auf der Hüttensohle oder in einem kleinen Blechwagen ansammelt, um zu erkalten und auf die Halde, zur Röststadel [2]) oder direct zum Hochofen gefahren zu werden.

Bei diesem Aufkochen zeigt sich eine eigenthümliche Erscheinung, welche übrigens beim Bessemerprocess noch deutlicher ausgeprägt ist. Das Aufschäumen tritt nicht gleichmässig ein, sondern es wechseln heftige Perioden mit Ruhepausen. Dies hat darin seinen Grund, dass in den gezogenen Furchen sich am reichlichsten Oxydoxydul bildet und daher an ihren Grenzen eine besonders lebhafte Entkohlung des Eisens eintritt, wodurch dann ein ebenso lebhaftes Aufschäumen veranlasst wird.

---

[1]) Zuweilen, z. B. zu Cinderford, mit Wasser gekühlt. — [2]) Abth. II, S. 573.

Dadurch wird aber so viel Oxydoxydul reducirt, dass nunmehr erst wieder eine gewisse Zeit zur erneuten Bildung desselben gehört. Diese Zeit bildet die Ruhepause.

Die ganze Periode, vom vollendeten Einschmelzen des Roheisens an, entspricht dem Rohfrischen. Am Ende derselben ist das Eisen vom durchschnittlichen Kohlenstoffgehalte des Stahls. Je kohlenstoffreicher das Roheisen war, um so länger dauert sie. Ihre Länge hängt aber auch noch von der Flüssigkeit des Roheisens und der Schlacke, also von der Temperatur und von der Zusammensetzung der Schlacke ab. Je höher die Temperatur beim Beginn der Periode war, um so länger dauert, wie erklärlich, dieselbe. Ebenso verlängert ein Mangangehalt des Roheisens, welcher grösstentheils als Oxydul in die Schlacke gegangen ist, das Rohfrischen und zwar theils, weil derselbe die Entkohlung an sich verzögert[1]), theils weil die manganhaltige Schlacke unter gleichen Umständen dünnflüssiger ist, als eine manganfreie.

Hat man das Eisen- und Schlackenbad beim Anfang der Periode hinreichend abgekühlt, so oxydirt sich Phosphor nicht unwesentlich und es gelingt durch Abzapfen der Schlacke vor eintretendem Aufschäumen einen nicht unbedeutenden Theil desselben aus dem Ofen zu entfernen und für das Eisen unschädlich zu machen. Später sinkt wegen vermehrter Feuerung und in Folge der durch die Verbrennung des Eisens gesteigerten Temperatur der Phosphorgehalt der Schlacke und wenn auch noch ein Theil mit der abfliessenden Rohschlacke aus dem Ofen gelangt, so gelingt dessen annähernd vollkommene Abscheidung doch erst wieder am Schlusse des ganzen Puddelprocesses durch Saigerung.

Das Garen (die Entkohlung) des Eisens lässt sich in dieser Periode des Rohfrischens sehr leicht durch Zusatz fertig gebildeten Eisenoxydoxyduls beschleunigen, also durch Einbringen von Hammerschlag, Walzsinter, Garschlacke von der früheren Arbeit, wogegen rohe Erze in Folge ihres Kieselsäuregehaltes jetzt gerade die entgegengesetzte Wirkung äussern. Alle diese Zuschläge können indessen nur in solcher Menge angewendet werden, dass die Temperatur des Ofens nicht zu sehr ermässigt wird.

Die Herbeiführung eines rohen Ganges durch Zusatz von Kieselsäure in Form von Sand oder rohen Schlacken ist immer der Beweis einer schlechten Arbeit. Unerfahrene Puddler greifen zu derartigen Mitteln, wenn sie nicht verstehen, gehörig die Hitze zu reguliren.

Die Dauer der ganzen Rohfrischperiode beträgt im Durchschnitt 20 bis 40 Minuten, oder, wie sich der praktische Puddler ausdrückt, der Regel nach 3 bis 6 Kratzen.

Während solange, als der Kohlenstoffgehalt des Eisens nicht bis zur

[1]) Siehe S. 17.

Stahlbildung gesunken war, dasselbe sich im flüssigen Zustande erhielt, erstarrt es nunmehr zu Krystallen, welche sich der Durchführung der Kratze entgegensetzen und etwa das Gefühl erzeugen, als wenn man mit einem Rechen durch Kies fährt. Man verhindert dies so lange als möglich durch Steigerung der Temperatur. Die schliesslich bleibenden Krystallchen schweissen leicht an einander und bilden Gruppen, welche aus dem Schlackenbade herausragen [1]). Das Aufkochen lässt nun ganz nach und die fortgesetzte Kohlenoxydbildung zeigt sich nur noch in den Bläschen, welche die Schlacke ununterbrochen wirft.

Jetzt hört die Möglichkeit auf, mit der Kratze zu arbeiten, und das völlige Garen in dieser dritten oder Garfrischperiode muss durch Arbeiten mit dem Spitz geschehen, geht aber auch nunmehr sehr schnell von statten, da die Luft die hervortretenden Eisentheilchen schnell mit einer Hülle von Eisenoxydoxydul überzieht. Man hat darauf zu achten, dass die noch unter dem Schlackenbade befindlichen Eisenkrystalle an die Oberfläche kommen, die oben befindlichen wieder in die Schlacke tauchen. Man nennt die hierzu erforderliche Manipulation das Durchschlagen. Hierbei ist ein Zusammenschweissen zu immer grösseren Partien nicht zu vermeiden, die dann im Ganzen behandelt werden müssen und die man allmälig zu einzelnen Haufen im Ofen ansammelt, eine Arbeit, die das Umsetzen heisst, da bei dieser Gelegenheit die Theilchen von einer Stelle des Ofens an die andere geschafft werden. Sodann werden die gleichzeitig gebildeten einzelnen Abtheilungen mit der Brechstange zusammengepresst und in Kugelform gebracht, um der fortschreitenden Oxydation eine geringere Oberfläche zu bieten. Man nennt diese Kugeln „Luppen“ oder „Bälle“ und giebt jeder im Durchschnitt ein Gewicht von 30 bis 40 Kg, jedoch kommen, wie dies weiter oben erwähnt, auch Luppen vor, welche das gesammte Eisen einer ganzen Hitze umfassen.

Die Luppen werden durch Drücken mit der Brechstange nach Möglichkeit von der in ihnen mechanisch eingeschlossenen Schlacke, welche eine sehr gare Zusammensetzung hat, daher schwerschmelzbar ist, befreit und dann im ganz geschlossenen Ofen kurze Zeit einer möglichst hohen Temperatur ausgesetzt. Hierbei saigert die Schlacke noch vollständiger aus und gleichzeitig — was von grosser Bedeutung ist — auch der Phosphor, sei es dass derselbe in Gestalt einer leichtflüssigen Phosphoreisenverbindung abgeschieden wird, sei es, dass er in Form von Phosphorsäure der Schlacke selbst folgt.

In Südwales pflegt man die aus dem dortigen sehr schwefelhaltigen Roheisen erzeugten Luppen stark auszusaigern und erreicht damit einen wesentlichen Erfolg in Bezug auf die Qualität des Eisens, was wohl dar-

---

[1]) Der Vergleich mit zubereiteten Blumenkohlstauden, welche aus ihrer Sauce herausragen, ist sehr bezeichnend für die Erscheinung.

auf schliessen lässt, dass bei diesem Processe nicht nur Phosphoreisen, sondern auch Schwefeleisen ausgesaigert werde.

Am günstigsten gelingt der Process der Saigerung im Gasofen, wo man mit stark reducirender Flamme ohne übermässige Oxydation bei hohen Hitzegraden arbeiten kann, während bei gewöhnlicher Feuerung mit der Dauer der Arbeit auch der Eisenabgang in hohem Maasse zunimmt.

Nach Vollendung des Saigerns wird die Einsatzthür geöffnet und mit einer grossen Zange eine Luppe nach der anderen herausgezogen, auf einen kleinen zweirädrigen Wagen geladen und zum Zängehammer gefahren. Zuerst wird die der Feuerbrücke zunächst liegende Luppe genommen, die zweite an deren Stelle gerollt und die Thür geschlossen gehalten, bis der Zängeapparat für die Bearbeitung der zweiten frei ist u. s. f.

Die ganze Hitze vom Einsatz des Roheisens bis zum Herausnehmen der Luppen dauert je nach den angewendeten Temperaturen und dem Silicium- und Mangangehalte des Roheisens $1^1/_2$ bis $2^1/_4$ Stunden. Der Eisenabgang beträgt circa 10 bis 15 Proc., der Brennmaterialverbrauch pr. 100 Kg Luppeneisen 80 bis 100 Kg Steinkohle, oder 120 bis 150 Kg Braunkohle. 1 cbcm gezängtes Luppeneisen wiegt circa 7 g.

b) Arbeiten und Vorgänge bei Anwendung von weissem Roheisen.

Wird weisses Roheisen zum Puddeln angewendet, so fällt in Bezug auf die chemischen Vorgänge stets die Ueberführung des Grafits in amorphen Kohlenstoff fort. Ist das weisse Eisen durch Feinen entstanden, so ist es meist zu siliciumarm, um ohne bedeutenden Zusatz (15 bis 20 Kg pr. 100 Kg Roheisen) von Schlacke verschmolzen zu werden, ist es dagegen weiss im Hochofen erblasen, so genügt der Regel nach ein geringerer Zusatz (8 bis 15 Kg), ja es gelingt auch, ganz ohne denselben die Arbeit durchzuführen. — Da durch die Verbrennung des Siliciums Wärme entwickelt, durch die Schmelzung fertig gebildeter Schlacke solche aber nur verbraucht wird, so liegt der Nachtheil, welcher durch Anwendung eines gefeinten, gegen ein siliciumhaltiges weisses Roheisen entsteht, auf der Hand. Indessen darf nicht unberücksichtigt gelassen werden, dass beim Feinen auch ein Mangangehalt entfernt wird und insofern durch diesen Vorgang eine Beschleunigung des Puddelprocesses erreicht werden kann. Man hat jedoch den erstgenannten Nachtheil des Feinens grösser, als den daraus erwachsenden Vortheil gefunden und zieht es gegenwärtig allgemein vor, weisses Roheisen im Hochofen zu erblasen, als graues zu erzeugen und dieses vor dem Puddeln zu feinen.

Bei der Verwendung gefeinten Roheisens fällt die Feinperiode

also ganz fort, im Uebrigen nimmt sie einen dem Siliciumgehalt entsprechenden, meist sehr schnellen Verlauf, so dass sich mit dem Einschmelzen bereits eine beginnende Entkohlung verbindet, also das Rohfrischen anfängt, ehe noch der flüssige Aggregatzustand ganz erreicht ist und das eigentliche Puddeln seinen Anfang genommen hat. Erhöht wird der schnelle Verlauf noch durch die Eigenschaft des weissen Roheisens beim Einschmelzen einen teigigen Zustand zu durchlaufen, verlangsamt dagegen häufig allerdings auch durch den selten fehlenden Mangangehalt eines ungefeinten weissen Roheisens. Ein sehr hoher Mangangehalt kann schliesslich dahin wirken, dass der Process eben so langsam verläuft, als bei Anwendung grauen Roheisens, und namentlich Spiegeleisen lässt sich wegen seiner Rohschmelzigkeit nur schwierig puddeln. Vorglühen des Roheisens führt ebenfalls eine Beschleunigung herbei und man kann bei Anwendnng eines vorgeglühten sehr reinen weissen Roheisens das Maximum der Hitzen in gegebener Zeit erreichen, d. h. jede Hitze in noch nicht ganz einer Stunde vollenden.

Bei Beginn des Kratzens tritt sofort eine lebhafte Kohlenoxydentwickelung ein und das Aufkochen beginnt oft sogleich. Im Allgemeinen muss übrigens die Temperatur während des Puddelns höher gehalten werden, als beim grauen Roheisen.

Die Arbeit ist anstrengender und erfordert gewandtere Puddler als die mit grauem Roheisen, aber das Ausbringen ist ein grösseres und namentlich der Brennmaterialienverbrauch weit geringer. Man braucht pr 100 Kg Luppeneisen nur 75 bis 90, bei Anwendung der Vorwärmherde sogar nur 65 bis 85 Kg Steinkohle.

Beispiel einer Schmiedeisenhitze im Puddelwerk zu Bromford[1]).

Der in den Figuren 27 bis 43 (S. 124 u. f.) abgebildete Ofen zu Bromford in Süd-Staffordshire wird nach der Herdbildung an den Rändern mit geröstetem Kohleneisenstein (von Nord-Staffordshire[2]) und ausgesaigerten. Dörnerschlacken[3]) besetzt. Die letzteren werden unter Walzen[4]) zerkleinert, worauf die Stücke zuerst in den Ofen kommen und eine Decke von Erzklein erhalten. Darüber kommt dann ein Ueberzug eines Teiges von mit Wasser angerührtem milden Rotheisenstein (aus Cumberland[5]), welcher gut festgeschlagen wird. Ausserdem wird zur Erhaltung des Bodens alle 12 Stunden (nach Vollendung der Arbeitsschicht), 1 Centner Schmiedeisenabfall in den Ofen gebracht und zu einer Luppe zusammengeschweisst, wobei die Schweissschlacke den ganzen Boden überzieht.

---

[1]) Percy, Iron p. 655. — [2]) Siehe Abth. I, S. 284. — [3]) Siehe Abth. II, S. 522. — [4]) Siehe Abth. II, S. 574. — [5]) Siehe Abth. I, 281.

Ist der Ofen bereits gebraucht, so wird zuvörderst alle noch darin befindliche Schlacke abgestochen und sodann das Roheisen in Form von 50 Kg gefeintem und 150 Kg weissem Frischereiroheisen mit etwa 50 Kg. Hammerschlag und Walzsinter eingesetzt. Letzterer wird zuerst über den ganzen Boden verstreut, darauf kommt das Eisen.

Das Einsetzen dauert 3 Minuten. Hierauf wird das Einsatzthor geschlossen und verkeilt, ebenso die Arbeitsthür (*stopper hole, working hole*). Der Stich ist schon vorher mit Sand verschlossen worden. Das Feuer wird angeschürt und der Ofen sich 19 Minuten selbst überlassen.

Dann, 25 Minuten nach Anfang [1]), wird durch die Arbeitsthür aufgestochen (2 Minuten) und das Aufstechen bis zur Vollendung des Einschmelzens (35 Minuten nach Anfang) mehrmals wiederholt.

Nun wird die Hitze durch Schliessen des Dämpfers gemässigt. Dies geschieht nur dann nicht, wenn der Ofen sehr kalt geht, da dann das Eisen ohnehin beim Kratzen zum Steigen (*come up*) gelangt.

Nachdem das Feuer nochmals nachgeschürt und der Dämpfer wieder geöffnet ist, beginnt (50 Minuten nach Anfang) das eigentliche Kratzen. Das Eisen kommt schnell in volles Kochen (*boiling*) unter heftiger Entwickelung blauer Kohlenoxydflämmchen.

Bald (53 Minuten nach Anfang) ist das Bad weissglühend und steigt bis nahe zur Arbeitsschwelle. Jetzt (63 Minuten nach Anfang) beginnt das Eisen zu krystallisiren oder Natur anzunehmen (*come to nature*), d. h. teigig zu werden.

Während die Aufstecharbeit vom zweiten Puddler, das Puddeln abwechselnd von beiden ausgeführt wurde, wird die Arbeit nunmehr hauptsächlich vom ersten Puddler gethan, der zur Luppenbildung schreitet. 75 Minuten nach Anfang kommt die erste Luppe aus dem Ofen. Der Dämpfer wird theilweis, die Thür ganz geschlossen. Die zweite Luppe gelangt 76, die dritte 79, die vierte 81, die fünfte 83 und die sechste und letzte 84 Minuten nach Anfang aus dem Ofen. Mit dem Abstechen der Schlacke ist die Hitze vollendet.

Dies ist die Schilderung der Ausführung einer Hitze durch einen der besten Staffordshirer Puddler. Im Allgemeinen wird in England viel mehr als in Deutschland mit dem Spitz statt der Kratze gearbeitet und die Arbeit des Aufbrechens wird bereits als ein Beginn des eigentlichen Puddelns gehandhabt.

c. Das Trockenpuddeln.

Die beschriebene Methode des Puddelns mit grauem und weissem Roheisen auf Schmiedeisen nennt man Schlacken- oder Kochpuddeln,

[1]) Es ist hierbei und im Folgenden stets der Anfang des Einsetzens des Roheisens gemeint.

auch wohl fettes Puddeln. Im Gegensatz dazu steht das jetzt kaum noch gebräuchliche Trockenpuddeln.

Das weisse oder gefeinte, kohlenstoffarme Roheisen, welches für diesen Process benutzt werden kann, wird hierbei auf einem Sandherde nicht zu einem dünnflüssigen, sondern nur zu einem teigigen Zustande eingeschmolzen.

Hierbei bildet sich eine sehr reichliche Menge von Oxydoxydul, welche durch Zuschlag von Hammerschlag etc. noch vergrössert werden kann. Mit diesem wird nun das teigige Eisen durcheinander geknetet. Ein eigentliches Aufkochen findet nicht statt; es zeigt nur die Schlacke, welche kein Bad bildet, sondern die Eisentheile durchdringt und überzieht, jenes Blasenwerfen, welches als karakteristisch für die Garfrischperiode des gewöhnlichen Puddelprocesses bezeichnet wurde.

Der Process ist seit Einführung der eisernen Bodenplatten und des Schlackenherdes fast ganz verdrängt worden, weil man ein sehr schlackenreiches, meist faulbrüchiges Eisen erhält, welches erst durch mehrfache Schweissprocesse eine hinreichende Brauchbarkeit erlangen kann. Im Uebrigen ist der Abgang nicht wesentlich verschieden von dem beim Schlackenpuddeln stattfindenden und naturgemäss um so grösser, je siliciumreicher das Eisen ist.

Lan beschreibt das Trockenpuddeln im Loire-Departement folgendermaassen [1]: Auf die Sandsohle, welche in den meisten Fällen ganz frei, höchstens mit einigen Schlacken dünn bedeckt ist, kommt der Satz von 200 Kg gefeinten Eisens. Dasselbe schmilzt in 15 bis 20 Minuten teigig ein, wonach sich ohne dass die Masse ganz flüssig wird und ohne bedeutendes Aufblähen Blasen und Flämmchen von Kohlenoxyd entwickeln. Nach 20 bis 25 Minuten scheidet sich auf der Sohle eine dünne Schlackendecke ab und die glänzend weiss gewordenen Metalltheilchen fangen an schweissbar zu werden und zusammenzubacken. Man vereinigt sie zu Luppen von 30 bis 35 Kg, die bei geöffnetem Dämpfer in 8 bis 10 Minuten aus dem Ofen entfernt werden. Die Dauer der ganzen Arbeit beträgt 1 bis $1^1/_4$ Stunde, der Metallverlust 6 bis 8, selten bis 10 Proc., der Kohlenverbrand 70 bis 80 Proc.

B. Puddeln auf Korn. (Stahl und Feinkorn.)

Der Process des Puddelns zur Erzeugung des körnigen, d. h. kohlenstoffreichen schmiedbaren Eisens, also des Feinkorneisens und Stahls, unterscheidet sich von dem Puddeln auf Sehne zuvörderst durch das möglichst schnelle Einschmelzen bei hoher Temperatur, durch das Garen unter der Schlacke und die Aussaigerung der Luppen in einer reducirenden Flamme.

---

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860, S. 259.

Als Material für diesen Process wendet man ein möglichst phosphor- und schwefelfreies Roheisen an, welches entweder rohschmelzig ist, also in grauem Roheisen oder Spiegeleisen besteht, oder wenn es garschmelzig ist, möglichst manganreich sein muss. Früher gelang die Puddelstahlerzeugung nur aus reinem grauen Roheisen oder aus Spiegeleisen, gegenwärtig aber erzeugt man auch aus weissstrahligem manganreichem Roheisen mit Vortheil Korneisen. Ein falsches Vorgehen ist es, wenn man aus unreinen Roheisensorten oder aus gefeintem Eisen Puddelstahl darstellen will.

Die Engländer haben, obwohl ihnen das Stahlpuddeln — wie weiter oben erörtert wurde — schon längst aus Deutschland bekannt geworden war, doch bis zum Anfang der 60er Jahre kaum verstanden, ein gutes Korneisen zu erzeugen. Das zu Eisenbahnschienenköpfen verwendete sogenannte Korn war nicht das kohlenstoffreiche Eisen, welches als Feinkorn bezeichnet wird, sondern ein kohlenstoffarmes nur durch einen Phosphorgehalt körniges Eisen, welches sich wesentlich von jenem durch das grobe Korn unterschied. Die Leichtigkeit ein solches Eisen mit Sehne zusammenzuschweissen, während dieser Process für Feinkorneisen und Puddelstahl viel Schwierigkeiten macht, ferner die Härte, welche es mit dem letzteren gemeinschaftlich hat, war Veranlassung zur Verwendung desselben, aber die damit erzeugten Schienen zeichneten sich zu ihrem Nachtheil durch sehr geringe Haltbarkeit aus. Erst seit der Weltausstellung zu London im Jahre 1862 hat sich auf Grund der damals von deutschen Hüttenwerken ausgestellten vortrefflichen Proben von Schienen mit Puddelstahl- und Feinkornkopf auch diese Art des Puddelprocesses in England allgemeinen Eingang verschafft und zwar wird dazu jetzt meist das gleichfalls zum Bessemerprocess sehr geeignete, aus Cumberländer Rotheisenstein erblasene graue Roheisen verwendet, häufig unter Zusatz von deutschem Spiegeleisen [1]).

Die Kornpuddelöfen älterer Construction unterscheiden sich von den Sehnepuddelöfen durch tieferen Herd, höher gespanntes Gewölbe und im Uebrigen geringere Abmessungen. Die neueren sind nicht mehr verschieden und auf vielen Werken erzeugt man in ganz denselben Oefen Sehneisen, Feinkorn und Stahl.

Einschmelzen. Das Einschmelzen des Roheisens, aus welchem Korn gepuddelt werden soll, muss möglichst schnell geschehen, um eine vorzeitige Oxydation von Kohlenstoff zu verhüten. Der Regel nach ist daher das eingeschmolzene Eisen noch ziemlich siliciumhaltig, also die Schlacke noch ganz roh. Beim Einschmelzen werden auch der Regel nach keine garenden Zuschläge zugesetzt, wie dies häufig beim Sehnepuddeln geschieht.

---

[1]) Zu Ebbw Vale in Südwales wird das aus Devonshirer Spatheisenstein erblasene Weissstrahlroheisen benutzt.

Das Roheisen wird in den möglichst heiss gemachten Ofen eingesetzt und das Feuer bei geschlossenen Thüren lebhaft unterhalten.

Bedingung für ein gutes Gelingen ist ein vollkommen flüssiges Eisenbad, welches sich unter einer eben solchen reichlichen Schlackendecke befindet. Da nun der Siliciumgehalt des Roheisens dazu nicht immer ausreicht, Garschlacke nicht zugefügt werden darf, so bleibt nichts übrig als der Zusatz roher Schlacken vom vorigen Processe, welche selbstverständlich indessen rein, d. h. namentlich frei von Phosphor sein müssen. Zuweilen muss man auch die Zuflucht zum Zusatze von Kieselsäure in Form von Sand nehmen, was indessen stets zu einem entsprechenden Eisenverluste Veranlassung giebt.

Auch die Schlacke muss flüssig sein. Trägt hierzu auch schon die hohe Temperatur bei, so wird doch die Leichtflüssigkeit wesentlich durch einen Mangangehalt befördert. Gerade aus diesem Grunde ist ein manganhaltiges Roheisen ganz besonders für das Kornpuddeln geeignet. Kann man ein solches nicht benutzen, so hilft man sich durch Zuschlag von manganhaltigen Substanzen (Manganerzen oder Ferromangan), auch wohl durch Alkalien, wie Soda, Kochsalz und dergleichen mehr, von denen später noch ausführlicher die Rede sein wird.

Puddeln. Im weiteren Verlauf ist nun die Arbeit ganz dem Herdfrischen auf Stahl analog. Wie dort erfolgt das Garmachen bis zum Kohlenstoffgehalt des Stahls, also das Rohfrischen, unter der Schlacke. Je grösser die eingesetzte Eisenmenge ist, und je grössere Luppen man machen will, ein um so reichlicheres Schlackenbad muss bei sonst gleichen Ofendimensionen vorhanden sein. Genügt die Schlackenmenge nach dem Einschmelzen nicht, so kann man sie im Verlauf des Puddelns, aber vor dem Luppenmachen auch durch Zusatz garer Schlacken vom vorigen Process oder von den Schweissöfen vergrössern. Im Ganzen beträgt der Schlackenzusatz, welcher so lange wiederholt durch den Process läuft, bis er endlich durch mechanische Verluste aufgezehrt ist, durchschnittlich 20 bis 30 Kg auf 100 Kg Roheisen [1]).

Sobald der Puddler mit der Kratze die Bildung der Stahlkrystalle fühlt, hat er sorgfältig darauf zu achten, dass dieselben möglichst einzeln und ausgebreitet bleiben.

Luppenmachen. Erst wenn in allen Ofentheilen die Stahlbildung vollendet ist, geht der Arbeiter an das Luppenmachen, welches nach Möglichkeit beschleunigt werden muss, um eine zu weit gehende Oxydation zu vermeiden.

Man ersieht, dass der Stahlpuddler weit mehr Vorsicht anwenden und daher weit geschickter sein muss, als ein Sehnepuddler. Der Widerstand, den die Stahlkrystallchen der Kratze beim Durchziehen entgegen-

[1]) Aus einem circa 3 Proc. Silicium haltenden Roheisen entstehen 22 Kg Singulosilicatschlacke, welche zu 30 bis 50 Kg erzängt werden müssen.

setzen, ist das einzige zuverlässige Kennzeichen, welches nur nach langer Uebung mit hinreichender Sicherheit von dem Arbeiter verstanden werden kann. Auch in dieser Beziehung gleicht der Stahlpuddelprocess sehr dem entsprechenden Herdfrischprocesse.

Der Process gelingt um so leichter, je geringer die verarbeitete Roheisenmenge ist. Man pflegt daher oft nur 100 bis 150 Kg anzuwenden und daraus mehrere kleine Luppen zu bilden, jedoch kommen auch Fälle vor, in denen aus doppelt so grossen Roheisenmengen eine einzige Stahlluppe erzeugt wird.

Leitung der Temperatur. Im Allgemeinen wird während des ganzen Processes die Temperatur hoch gehalten, um stets ein flüssiges Bad zu haben. Erst kurz vor dem Luppenmachen lässt man die Temperatur soweit sinken, dass ein erneutes Einschmelzen des fertigen Stahls nicht zu befürchten ist. Eine Abweichung von dieser Regel findet nur dann statt, wenn man ein sehr unreines Roheisen verarbeiten und namentlich eine Phosphorabscheidung in der Rohschlacke herbeiführen will, indessen sollte man ein derartiges Material lieber gar nicht erst verwenden.

Je kohlenstoffreicher das Product ausfallen soll — wenn man z. B. einen Puddelstahl für die Gussstahlerzeugung darstellen will — um so langsamer muss gekratzt und um so sorgfältiger muss das Eisen unterhalb der Schlackendecke gehalten werden.

Sind die Luppen fertig geballt, so wird der Ofen geschlossen und die Aussaigerung der Schlacke vorgenommen. Hierbei darf selbstverständlich die Temperatur niemals so hoch, wie bei dem analogen Processe für die Schmiedeisendarstellung steigen. Die Flamme muss stark reducirend gehalten werden, um weitere Oxydation zu verhindern. Dies gelingt bei Gasfeuerung durch Vermehrung des Gaszutritts und Verminderung des Luftzutritts für die Verbrennung sehr leicht; bei directer Feuerung muss man die Verbrennung so weit unterdrücken, dass eine stark rauchende Flamme entsteht. Einzelne geschickte Puddler sollen es sogar fertig bekommen, die vorher etwas entkohlten Luppenoberflächen in dieser Zeit wieder höher zu kohlen und dadurch ein in der ganzen Masse sehr gleichartiges Product zu erzielen.

Irrig ist die Ansicht, dass sich während des Puddelprocesses eine höhere Kohlung der Eisenkörner erzielen lasse. Urbin[1]) theilt den Frischprocess in fünf Perioden, deren vierte er als „die Kohlung des Korns" bezeichnet und nimmt an, dass die Kohlung auf folgende Weise vor sich gehe: „Das in der Schlacke enthaltene Eisenoxydul wirkt während der Reinigung des Eisens sowohl auf das Roheisen, als auf das Frischeisen ein und es entwickelt sich Kohlenoxydgas in sehr feinen Bläschen, welche fortwährend die Eisenkörnchen auf die Oberfläche des flüssigen Bades führen, wo sie vom Kohlenoxydgas und dem Kohlenstoff

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1867, S. 179, und Kerpely, Fortschritte, S. 152.

der Flamme gekohlt werden, insofern die Flamme diese Agentien in hinreichender Menge enthält... Die Zusammensetzung der Flamme ist für die beabsichtigte Kohlung am günstigsten, wenn sie von dem in ihr enthaltenen Kohlenstaub eine graulich weisse Farbe zeigt und den ganzen Ofen erfüllt... Herrscht dagegen Sauerstoff darin vor, so oxydirt sich die Schlacke, wird dickflüssiger und basischer; die Eisenkörner verlieren alsdann rasch ihren Kohlenstoff und schweissen zu Klümpchen zusammen. Ein Ueberschuss von Kohle aber macht die Schlacke flüssiger und reducirt das Oxyd, die Körner zerstreuen sich, statt sich zusammenzuballen; beim Arbeiten erleidet das Werkzeug weniger Widerstand und das Bad wird vollständig flüssig... Dieses Flüssigwerden des Eisens tritt aber, wie mehrere Thatsachen zeigen, weniger durch Erhöhung der Temperatur und Oxydation des Eisens, als durch eine Kohlung der Körner durch die Flamme ein... Bei einer basischen, eisenoxydulhaltigen Schlacke, welche, wie bereits bemerkt, Reinigung und Kohlung des Eisens befördert, dauert das Kochen um so länger, je basischer und eisenoxydulhaltiger die Schlacke ist..."

Das praktische Resultat ist von Urbin richtig beobachtet, die Erklärung aber falsch. Vor allen Dingen kann eine Schlacke eben nicht oxydulreicher werden als einem Singulosilicat entspricht und ein grösserer Gehalt an Eisen tritt in der Form des Oxydoxyduls auf. Je eisenreicher die Schlacke wird, um so schwerschmelziger wird sie auch und es kommt bei sonst gleicher Temperatur die Schwerschmelzigkeit der Entkohlung zu statten. Die sauerstoffarme, kohlenreiche Flamme verhindert oder verzögert die Entkohlung des Eisens, so lange es sich im Schlackenbade befindet, und Urbin verwechselt offenbar die Verzögerung der Entkohlung mit einer Kohlung.

Wie wesentlich die Temperatur für das Stahlpuddeln ist, wie verschiedenartig aber auch die Auffassung von derselben sein kann, ergiebt der bereits Seite 122 erwähnte Patentstreit, sowie die Beschreibung des Kornpuddelns durch verschiedene Eisenhüttenleute.

Die Patentbeschreibung Riepe's[1]) sagt: „Ich wende den gewöhnlichen Puddelofen an, setze ungefähr 140 Kg Roheisen ein und steigere die Temperatur zur Rothglut. Sobald das Metall zu schmelzen beginnt und in Tropfen niederfliesst, wird der Dämpfer theilweis geschlossen, um die Hitze zu mässigen. 12 bis 16 Schaufeln Hammerschlag von den Walzen oder dem Zängen werden zugefügt und das Ganze gleichmässig eingeschmolzen. Die Masse wird gepuddelt unter Zuschlag von etwas schwarzem Manganoxyd, Kochsalz und trockenem Thon, die vorher zusammen gemahlen sind. Nachdem diese Mischung einige Minuten gewirkt hat, wird der Dämpfer ganz geöffnet und circa 20 Kg Roheisen werden in den Ofen an der Feuerbrücke auf ein dazu präparirtes emporragendes Bett von Schlacke gesetzt. Sobald das Roheisen niederzu-

[1]) Percy, Iron, 793.

tropfen, die Masse auf dem Boden des Ofens zu kochen und die bekannten blauen Flammen zu entwickeln beginnt, wird das Roheisen hineingekratzt und Alles untereinander gemischt. Die Masse steigt nun, es bilden sich kleine Körner und zeigen sich zwischen der geschmolzenen Schlacke an der Oberfläche. Jetzt schliesst man den Dämpfer drei Viertel und beobachtet den Process genau, während die Masse unter der sie bedeckenden Schlacke gepuddelt wird. In dieser ganzen Zeit sollte die Temperatur nicht über Kirschrothglut oder die Schweisshitze des Gerbstahls steigen. Die blauen Flämmchen verschwinden allmälig, die Körner beginnen zusammenzufliessen und bilden eine teigige Masse. Ohne diese Vorsicht würde Eisen statt Stahl gebildet werden. Jetzt wird das Feuer angeschürt, um die nöthige Hitze für die folgende Operation zu erhalten, der Dämpfer geschlossen und ein Theil der Stahlmasse zu einer Luppe vereinigt, während der Rest immer unter der Schlacke bleiben muss. Die Luppe wird gezängt und in derselben Weise bei der Bildung der ganzen Stahlmasse zu einzelnen Luppen fortgefahren. Wenn ich Spiegeleisen oder Mischungen davon mit anderem Roheisen gebrauche, so füge ich nur etwa 10 Kg des ersteren im Verlaufe des Processes zu. Wende ich Südwaleser Eisen oder Roheisen ähnlicher Beschaffenheit an, so setzte ich vor Anfang des Processes 5 Kg besten Thon in gekörntem Zustande auf den Boden des Ofens. Bei dem Einsatz von 20 Kg desselben Roheisens im Verlauf des Processes streue ich Thon darüber."

Parry zu Ebbw Vale beschreibt [1]) den dortigen Stahlpuddelprocess wie folgt:

„Der gewöhnliche Satz ist 203 bis 228 Kg eines guten, hellgrauen oder wenig dunkelgrauen Roheisens, welches bei ziemlich starker Hitze eingeschmolzen wird, wonach die Temperatur so reducirt wird, dass das geschmolzene Metall schwach teigige Consistenz (*the consistency of thin cream*) annimmt. In diesem Zustande muss es fleissig umgerührt und mit der bereits vorher eingesetzten Schlacke, deren Menge gleich der beim gewöhnlichen Eisenpuddeln ist, gemischt werden. Nun tritt das Kochen ein. Ist die Hitze zu hoch und das Metall in Folge davon sehr dünnflüssig, so trennt sich Schlacke und Metall bei dem Kratzen immer sofort wieder und die Entkohlung geht langsamer im Gegensatz zu der Reaction, welche beim Kratzen in dem mehr plastischen oder weniger flüssigen Zustande eintritt. Ist umgekehrt die Temperatur zu niedrig und das Metall daher zu steif, so kann die Schlacke nicht gleichmässig eingemengt werden und es erfolgt ein ungleichmässiger Stahl. In kurzer Zeit wird aus einem langsamen ein sehr heftiges Aufkochen. Wird zu dieser Zeit etwas Metall aus dem Ofen genommen, so zeigt es nach dem Erkalten einen silberweissen Bruch und der Kohlenstoff tritt ganz im verbundenen Zustande auf. Die Temperatur kann nun gesteigert werden, aber nicht so hoch, wie beim Eisenpuddeln, und muss so gehal-

[1]) Proceedings of the South-Wales Institute of Engineers, 1863. 3. p. 75.

ten werden, bis Erstarrung eintritt, welche sich wie gewöhnlich durch die Erscheinung umherschwimmender Körner kenntlich macht. Dann muss die Hitze bis auf volle Gelbglut ermässigt werden und der Process kann mit dem Luppenmachen sein gewöhnliches Ende erreichen. Wird während der letzten Periode die Temperatur zu hoch gehalten, so erhält man Eisen oder kohlenstoffarmen Stahl. Soll ein harter, kohlenstoffreicher Stahl erzeugt werden, so gelingt dies nur bei Anwendung einer verhältnissmässig niedrigen Temperatur; dann wird es aber schwierig, die Körner zu Luppen zusammenzuschweissen, namentlich wenn ein siliciumreiches Roheisen als Material gedient hatte."

Parry ist der jedenfalls irrigen Ansicht, dass der Grund der letzteren Erscheinung in der Bildung einer zu eisenarmen Schlacke liege, während doch die Ursache vielmehr in der zu geringen Flüssigkeit der Schlacke zu suchen ist, namentlich im Gegensatz zu dem verhältnissmässig leichtflüssigen kohlenstoffreichen Stahl. Parry glaubt nicht mit Unrecht, dass Borax, wenn er nicht zu theuer wäre, diesem Uebelstande abhelfen könnte, aber wozu ein solcher Vorschlag, der doch nicht praktisch werden kann? Auch glaubt Parry, dass es sich empfehlen möchte, den Stahl in jenem Falle aus dem Ofen zu nehmen und ihn in einen anderen, mit einem Bade eisenreicher Schlacke versehenen einzusetzen. Ein solches Bad, meint er, könne man von Zeit zu Zeit durch Zusatz von Hammerschlag oder Eisenabfällen anreichern und es für viele Puddelöfen benutzen. Die niedrige Temperatur, welche beim Puddeln von Stahl im Gegensatz zum Puddeln von Eisen nöthig ist, erklärt Parry ganz recht so: „Das kochende geschmolzene Metall bleibt länger flüssig bei hoher als niedriger Temperatur; es wird daher vor dem Erstarren im ersten Falle mehr entkohlt, als im letzten und sich daher leichter in Eisen statt in Stahl verwandeln." Aus diesem Grunde ist es auch sehr schwer, aus gefeintem Eisen Stahl zu puddeln. Es bleibt bei diesem nach der Einschmelzung, nach welcher die Temperatur verhältnissmässig immer hoch ist, keine Zeit für die Stahlbildung; eine kurze Periode des Kratzens genügt vielmehr schon zur Ueberführung in Eisen.

Im Gegensatz hierzu behauptet Bremme[1]), dass je höher die Ofenhitze sei, bei welcher man den Stahlpuddelprocess durchführe, desto reiner, homogener und vollkommener das Product ausfalle. Namentlich ist es — nach demselben — von der grössten Wichtigkeit, dass die Masse auf dem Herde des Ofens durch und durch dieselbe Hitze erhalte, wie die oberen, von der Flamme berührten Partien; weil nämlich erstens die Wirkung der Flamme nur an der Oberfläche stattfinde, zweitens sowohl das Eisen mit der Abnahme des Kohlenstoffgehalts, als die Schlacke mit der Zunahme des Eisengehalts strengflüssiger werde, so müsse das Roheisen mit der Schlacke zuvörderst vorsichtig auf dem Herde des Ofens flüssig gemacht werden, ehe die mechanische Arbeit beginne; grössere

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1865, S. 99.

nicht geschmolzene Eisentheile gehen daher auch unentkohlt in den Stahl über. — „Die Garung wird durch Schluss des Dämpfers und dadurch herbeigeführtes Dickflüssigwerden des Eisens eingeleitet. Der Puddler muss jetzt genau den Zeitpunkt für das erneute Oeffnen des Dämpfers abpassen, so dass die Masse Consistenz genug für weitere Garung behält und andererseits auch der Ofen und das Feuer nicht zu weit abgekühlt sind, um rasch genug den höchsten Hitzegrad wieder erlangen zu können. Das allmälige Durchkommen eines feinen weissen Korns an der Oberfläche ist gewöhnlich ein guter Beweis, dass die Masse durch und durch gleichmässig erwärmt und die Hitze höher als die Schweisshitze des Stahls ist. Der gute Erfolg des Processes ist dann als sicher anzusehen. Da jetzt die grösste Hitze im Ofen ist, so bleibt die Masse beinahe so lange dünnflüssig und steigt auf, bis das Roheisen in Stahl umgewandelt ist. Um nun die Masse zu Luppen ballen zu können, muss man die Klappe schliessen, damit die Temperatur bis auf die Schweisshitze des Stahls herabgestimmt und gleichzeitig die weitere Einwirkung der Flamme so viel als möglich verhindern werde. In Folge dessen ballt sich der Stahl zu einzelnen Körnchen zusammen und saugt durch Capillarattraction die flüssige Schlacke in den Zwischenräumen auf, so dass man die Luppe, wenn sie unter den Hammer gebracht ist, mit einem mit Wasser gefüllten Schwamme vergleichen kann.“

„Wollte man — fährt Bremme fort — wie Lohage und Riepe, nur Kirschrothglut anwenden, so ist es natürlich, dass die Theilchen an der Oberfläche zu Schmiedeisen entkohlt sind, bevor sie durch andere Theilchen verdrängt werden. Diese so entkohlten Theilchen würden zusammenschweissen, andere wenig entkohlte Theilchen anziehen und so, Roheisen- und Schlackentheile einschliessend, grössere oder kleinere Klumpen bilden, welche der Masse auf dem Herde ein ungesundes Aussehen geben.“

Bremme glaubt daher für das Stahlpuddeln besonders die Regeneratorfeuerung empfehlen zu können.

Woher rührt nun diese so sehr verschiedene Ansicht über die zweckmässigste Temperatur, welche sogar bis zu Streit und Processen geführt hat?

Erstens daher, dass wir bisher kein gutes, leicht zu handhabendes Pyrometer besassen und daher die Ansichten über die Temperatur oft sehr verschieden waren, wie auch z. B. bei den erwähnten Patentstreitigkeiten eine Partei behauptete die Farbe der Glut bei Sonnenschein, die andere dieselbe im Dunkeln gemeint zu haben. Zweitens daher, dass in den verschiedenen Stadien des Processes allerdings sehr verschiedene Temperaturen angewendet werden müssen und zwar

1. hohe Einschmelztemperatur, welche um so niedriger sein kann, je rohschmelziger das Roheisen ist,
2. Abkühlung (bis zur Kirschrothglut) nach dem Einschmelzen,
3. hohe Temperatur beim Kratzen,
4. Abkühlung beim Luppenmachen.

So gleichen sich wohl die Ansichten aus und es ist nicht schwer erklärlich, dass der Eine behauptet bei niedriger, der Andere bei hoher Temperatur die besten Resultate erhalten zu haben. Dagegen ist die Anwendung des Regeneratorofens gerade deshalb für das Stahlpuddeln so schwierig, weil dessen Temperatur zwar hoch, aber dabei sehr gleichmässig und schwierig schnell zu ändern ist.

Ausbringen. Aus der ganzen Art der Arbeit ergiebt sich, dass zwar der chemische Process des Kornpuddelns ein abgekürzter ist, da die Garfrischperiode ausfällt, aber dass trotzdem der Zeitaufwand ein sehr hoher sein muss, weil die Arbeit langsamer und mit grösserer Sorgfalt zu führen ist. Mit dem Zeitaufwand steigt auch der Brennmaterialaufwand. Beim Stahlpuddeln können in 12 Stunden nur 5 bis 6, beim Feinkornpuddeln 6 bis 7 Hitzen ausgeführt werden; der Brennmaterialverbrauch beträgt für Stahl 150, beim Feinkorneisen 120 bis 130 Kg Steinkohlen auf 100 Kg Luppeneisen.

Ein Zusatz von Spiegeleisen am Ende des Stahlpuddelprocesses giebt einen Uebergang zu den Flussstahlerzeugungsmethoden, welche später behandelt werden sollen und gehört daher nicht mehr dem eigentlichen Puddeln an.

Temperatur.

Die richtige Leitung der Temperatur ist, wie dies im Einzelnen bereits erläutert wurde, eine der Hauptsachen für den guten Verlauf des Puddelprocesses. Zu niedrige Temperatur beim Einschmelzen ruft starke Eisenverluste hervor [1]). Zu hohe Temperatur nach dem Einschmelzen und beim Beginn des Kratzens verzögert das Steigen (die Entkohlung); zu niedrige Temperatur beim fortgeschrittenen Kratzen hält die Entkohlung auf und giebt schlecht geschweisste Luppen; zu niedrige Temperatur nach dem Luppenmachen verhindert eine reichliche Aussaigerung von Schlacke.

Zu hohe Temperatur beim Luppenmachen fördert die Oxydation in starkem Grade; wird freilich die Temperatur beim Luppenmachen zu niedrig gehalten, so entstehen faulbrüchige (sogenannte rohe Luppen, *Cobbles*), welche beim Zängen zerfallen und nochmals in den Ofen zurückgebracht werden müssen, eine erklärlicher Weise mit unverhältnissmässig grossem Eisenverluste verbundene Operation.

Der Unterschied der Temperaturleitung beim Sehne- und Kornpuddeln ergiebt sich hinreichend aus dem früher Mitgetheilten.

Benutzung flüssigen Roheisens. Da hauptsächlich die Zeit nach dem Einschmelzen und vor dem Kratzen eine Temperaturermässigung

---

1) Die Bildung von Eisenoxydoxydul dabei ist dann auffallend stark. Die Puddler sagen nicht ohne Unrecht, sie könnten das Eisen knirschen hören (*can hear the iron frizzling*).

verlangt, so liegt der Gedanke nahe, die ganze Operation des Puddelns in zwei Theile zu trennen und diese in verschiedenen Apparaten auszuführen in der Weise, dass das Einschmelzen für sich vorgenommen wird und nur das eigentliche Puddeln im Puddelofen geschieht. In der That hat man auch versucht, das Roheisen in Kupol- oder Flammöfen besonders einzuschmelzen und die Puddelöfen mit flüssigem Roheisen, dem man eine beliebige Temperatur geben kann, zu versorgen. Aber alle derartigen Versuche, welche, wie sich aus den geschichtlichen Darstellungen ergiebt, seit der Erfindung des Puddelns gemacht wurden, sind missglückt, hauptsächlich deshalb, weil beim Einschmelzen im Puddelofen bereits eine den nachherigen Process wesentlich unterstützende Reaction vorgeht, welche beim Umschmelzen im Kupolofen gar nicht erreicht wird, während durch die Benutzung eines Flammofens nichts an Wärme gewonnen werden kann.

Dazu kommt noch, dass bei Benutzung flüssigen Roheisens im Puddelofen die Handarbeit viel anstrengender, die Haltbarkeit des Bodens und der Wandungen wesentlich beeinträchtigt und daher in ökonomischer Beziehung nichts erspart wird.

Viel günstiger liegt das Verhältniss schon beim rotirenden Puddelofen und besonders günstig beim Bessemerapparate.

Resultate.

Der Abgang beträgt der Regel nach beim Puddeln auf Sehne 10 bis 15, beim Puddeln auf Korn 9 bis 16 Proc. vom Roheisen, ist aber stets in erster Linie abhängig von dem Silicium- und Kohlenstoffgehalt des Roheisens, in zweiter Linie von der über das zur Schlackenbildung erforderliche Maass eintretenden Oxydation des Eisens, welche niemals ganz zu vermeiden ist. Es wird später bei Besprechung der Wärmeentwickelung durch den Bessemerprocess auf diesen Punkt noch ausführlicher eingegangen werden können.

Verarbeitet man graues Roheisen, so sticht man die Schlacke der Regel nach bei jeder Hitze ab, verarbeitet man weisses, ungefeintes Roheisen, so geschieht dies nur bei jeder zweiten Hitze, bei Benutzung gefeinten Eisens endlich nur alle 12 Stunden einmal. Dies entspricht ganz dem verschiedenen Siliciumgehalte.

Der letztere hat auch einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Herd. Bei weissem Eisen wächst der Boden, bei grauem Eisen wird er dermaassen abgefressen, dass es oft kaum möglich ist, ohne gründliche Reparatur nach jeder Hitze ein hinreichend dickes Schlackenbett zu erhalten.

Das Ausbringen an Eisen ist nur dann richtig festzustellen, wenn die Menge des Luppeneisens mit der des verwendeten Roheisens aus einer längeren Arbeitszeit verglichen wird. Die einzelne Hitze giebt

kein sicheres Anhalten. Es wird dabei bald ein übergrosser Abgang erscheinen, bald wird derselbe verschwindend klein sein, ja zuweilen das Ausbringen den Einsatz überwiegen. Dies letztere zeigt sich namentlich dann, wenn frisches Eisenerz mit in den Ofen eingesetzt wird. Das aus diesem reducirte Eisen, sowie der Eisengehalt der zugesetzten Schlacken, des Hammerschlags [1]) u. s. w. muss nämlich stets mit berücksichtigt werden.

Zu Königshütte in Oberschlesien [2]) hat sich während der Zeit des fiscalischen Betriebes vom Jahre 1843 an bis zum Verkaufe im Jahre 1869 die Zahl der Puddelöfen von 9 auf 60 gesteigert. Im Anfange lieferte ein Ofen im Jahre circa 190 000 Kg Rohschienen, am Schlusse über 690 000 Kg und überhaupt im Durchschnitt 517 400 Kg, oder pr. 12stündige Schicht 1075 Kg. Zu 100 Kg Rohschienen wurden anfänglich circa 498 Kg Steinkohlen verbraucht, schliesslich nur 266 Kg, zuweilen, z. B. im Jahre 1865, sogar nur 234 Kg, im grossen Durchschnitt dagegen 292 Kg. Der Eisenabgang bei Verarbeitung eines Gemisches von gefeintem und ungefeintem Roheisen schwankte zwischen 7·97 Proc. (im Jahre 1846) und 16·1 Proc. (im Jahre 1866) und betrug im grossen Durchschnitt 13·73 Proc. Die Selbstkosten pr. 50 Kg Rohschienen beliefen sich auf:

	1860				1869			
für Schmelzmaterialien .	3	Rmk.	93	Pf.	4	Rmk.	72	Pf.
„ Brennmaterialien . .	—	„	27	„	—	„	16	„
„ Löhne	—	„	46	„	—	„	57	„
„ Generalkosten . . .	—	„	51	„	—	„	45	„
Zusammen . . .	5	Rmk.	17	Pf.	5	Rmk.	90	Pf.

Auf belgischen Hüttenwerken [3]) verpuddelt man Sätze von 230 Kg Roheisen bei einem Abgang von 7·10 Proc. und einem Kohlenverbrauch von circa gleichem Gewichte der Rohschienen.

Die österreichische Puddelarbeit giebt im Durchschnitt sehr günstige Resultate [4]). Als Feuerung dienen theils auf Treppenrosten direct verbrannte Braunkohlen (Leoben, Judenburg), theils Braunkohlengase (Praevali), theils Torfgase (Buchscheiden, Freudenburg), theils Holzgase (Frantschach, Neuberg). In einfachen Oefen mit Vorglühherden werden in 12 Stunden bei Verwendung von Stückbraunkohlen 8 bis 10, selbst 12 Hitzen von 200 bis 250 Kg weissen, luckigen Roheisens verarbeitet. Zu Praevali werden in Doppelöfen 450 Kg bei 7 Hitzen in 12 Stunden, zu Freudenberg 8 Hitzen von 400 Kg verarbeitet. An Braunkohlen werden 100 bis 200 Kg pr. 100 Kg Rohschienen gebraucht.

---

[1]) Den man häufig absichtlich in rostigem Zustande, also unter theilweiser Zersetzung zu Hydrat anwendet, was beim Gewichte desselben zu berücksichtigen ist. — [2]) Nach handschriftlichen actenmässigen Mittheilungen des königlichen Hütteninspectors Bruckauff. — [3]) Muspratt - Stohmann-Kerl, Techn. Chemie II, S. 360, wo sich eine grosse Zahl einzelner Beispiele vom Ausbringen der Puddelöfen findet. — [4]) Loc. cit.

In Süd-Staffordshire rechnet man auf allen Puddelwerken bei 1- bis $1^1/_2$stündigen Hitzen auf 100 Kg Rohstäbe wenigstens $107^1/_2$, der Regel nach 110 Kg Roheisen und an Stücksteinkohle, je nach der Beschaffenheit, 114 bis 140 Kg, auch wird angenommen, dass der Kohlenverbrauch bei gleicher Kohlensorte, je nach der Sorgfalt und Erfahrung des Puddlers, etwa um 10 Proc. nach oben oder unten schwanken könne.

Die folgende Tabelle giebt einen Vergleich von gegenwärtig nicht mehr im Betrieb befindlichen Steinkohlen- und Torfgaspuddelöfen zu Mandelholz im Oberharz [1]).

		Arbeitszeit in Stunden	Zahl der Hitzen	Roheisenverbrauch Kg	Luppeneisen aus 100 Kg Roheisen Kg	Production in 24 Stunden Kg	Brennmaterial auf 100 Kg Production Kg
Torfgasofen	1861	4898	1815	361 300	85·23	1509	242
	1862	4459	1691	337 225	86·21	1565	221
	1863	2988	975	195 225	85·10	1334·5	223
	1864	1320	408	81 907	88·38	1316·5	229
Steinkohlenofen	1861	966	405	80 650	80·62	1615·5	113
	1862	72	30	5 800	82·97	1604	112
	1863	1892	916	123 800	82·15	1237	116
mit Unterwind	1864	2364	750	150 000	82·87	1262	118
	1864	504	161	31 650	82·85	1248·5	100

Im Folgenden sollen nun noch einige einzelne Beispiele für verschiedene Brennmaterialgrundlagen angeführt werden, deren Werth aus den angeführten Gründen indessen nicht eben gross ist.

Steinkohlenfeuerung. Zu Ebbw Vale in Südwales verarbeitet man bei Stückkohlenfeuerung Sätze von 270 Kg zu $^1/_2$ oder $^2/_3$ aus weissem Frischereieisen, $^1/_2$ oder $^1/_3$ aus gefeintem Eisen bestehend. Man macht 7 Hitzen in 12 Stunden, wogegen bei alleiniger Anwendung von grauem Roheisen nur 6 Hitzen von je 240 Kg Roheisen verpuddelt werden. Man rechnet im Durchschnitt 75 Proc. Kohlen vom Roheisenverbrauch [2]).

Zu Montigny in Belgien [3]) puddelt man 220 Kg Roheisen pr. Hitze auf Schmiedeisen, 200 Kg pr. Hitze auf Feinkorn und Stahl. Das Ausbringen ergiebt folgende Tabelle:

[1]) Nach Lorenz, Berg- und Hüttenm. Zeitung 1865, No. 37, und Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik 1865, S. 182. — [2]) Ohne Anwärmen etc., dessen trotzdem wahrscheinlich noch zu niedrig angegeben. — [3]) Ann. 1860.

Durchschnittsresultate eines Jahres zu Montigny.

Art des Roheisens	Einsatz Kg	Art des zu fabricirenden Eisens	Hitzenzahl in 12 Stunden	Production in Kg			Kohlenverbrauch auf 100 Kg Rohschienen		
				Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Gemeines weisses Roheisen . . .	220	Gemeines Schmiedeisen	8	200	260	205	100	115	110
Gutes „ „	220	Besseres „	8	195	205	200	100	115	110
Halbirtes „	220	Gutes „	7	190	195	192	120	130	125
Graues „	220	Hufnagel „	6	185	190	186	150	160	155
Grobkörniges graues „	200	Feinkorneisen	6 bis 7	175	185	180	175	190	185
desgl.	200	Puddelstahl	4 bis 5	160	175	165	250	300	275

Braunkohlenfeuerung. Zu Krems in Steyermark [1]) erzeugt man in Doppelpuddelöfen in 24 Stunden 4193 Kg Luppeneisen bei $6^3/_4$ Proc. Eisenabbrand und 116 Kg Kohlen auf 100 Kg Rohschienen.

Zu Eibiswald in Steyermark [2]) verbraucht man auf 100 Kg Puddelstahl 111·7 Kg Roheisen und 160 Kg Braunkohlen und erzeugt in 24 Stunden circa 1700 Kg Rohstahl.

Torffeuerung. Zu Buchscheiden in Kärnthen verpuddelt man in Doppelöfen mit Müller'scher Heizvorrichtung [3]) pr. Satz 375 Kg Roheisen, bei 0·6 bis 0·8 cbm Torf pr. 100 Kg Luppeneisen. Der Eisenabgang beträgt 6 Proc.

Holzfeuerung. Zu Surahammer [4]) in Schweden setzt man in Doppelöfen 300 bis 350 Kg halbirtes Roheisen, macht in 12 Stunden 6 Hitzen und verbraucht bei einem Eisenabgange von 6 bis 7 Proc. 0·62 bis 0·80 cbm lufttrocknes Scheitholz pr. 100 Kg Luppen.

Zu Lippitzbach [5]) in Kärnthen setzt man in den Holzgaspuddelofen circa 400 Kg weisses und graues Roheisen ein, welches in $1^1/_2$ Stunden verpuddelt, 95 bis 96 Proc. Luppeneisen giebt und nur 0·25 cbm gedarrtes Holz pr. 100 Kg erfordert.

Die Betriebsergebnisse des Seite 170 beschriebenen Holzkohlengaspuddelofens zu Reichenau waren nach Resch [6]) folgende:

Aus 53 225 Kg weissem und 7575 Kg grauem, zusammen 60 800 Kg Roheisen wurden in $49^1/_2$ vierundzwanzigstündigen Schichten, bei 304 Hitzen, 57556·5 Kg oder pr. Schicht 1162·5 Kg Eisen erzeugt; es kamen auf 100 Kg rohes Puddeleisen 167 Kg Roheisen und 0·451 cbm Holzkohle.

Die Puddelarbeiter.

Der Regel nach wird jeder Puddelofen von 4 Puddlern (2 Meistern, 2 Gehülfen) bedient, während 2 weitere Gehülfen die Heranschaffung des Roheisens, der Kohlen, Abfahrt von Schlacken u. s. w. für mehrere Puddelöfen gemeinschaftlich besorgen. Diese Arbeiter wechseln so ab, dass je 3 den Ofen 12 Stunden lang bedienen.

Die Puddelarbeit ist zwar eine äusserst anstrengende, aber keineswegs eine ungesunde Arbeit, sobald die Hütte zweckmässig gebaut und durch entsprechende Stellung der Oefen sowohl eine namentlich im Sommer nicht allzuhoch [7]) steigende Hitze, als auch ein zu starker Wechsel in den Temperaturen vermieden wird.

Die Hitze in gewissen Grenzen an sich scheint keinen nachtheiligen Einfluss auf die Gesundheit auszuüben, sobald Mässigkeit im Trinken statt-

[1]) Kerl in Muspratt's Chemie II, S. 368. — [2]) Op. cit. S. 396. — [3]) Siehe S. 165. — [4]) Loc. cit. — [5]) Loc. cit. — [6]) Kerpely, Fortschritte 1867, S. 166. — [7]) Ueber 30° darf niemals die Temperatur zwischen zwei Puddelöfen steigen. Weite Entfernung der Oefen von einander, hohe, gut ventilirte Hüttenräume, richtige Stellung der Dampfkessel, Kühlung der Schlackenschirme durch Wasser sind die wesentlichsten Hülfsmittel.

findet [1]). Dagegen wirkt der Wechsel der Temperatur ungünstig ein. Zwar findet man wenig rheumatische Leiden unter den Puddlern, wahrscheinlich weil eine etwaige Erkältung schnell wieder durch die nachfolgende Transpiration aufgehoben und unschädlich gemacht wird, wohl aber sind Katarrhe, Asthma und Lungenentzündung häufige Erscheinungen, welche bei unmässiger Lebensweise leicht in Tuberculose u. s. w. ausarten. Ausserdem leiden aber die Puddler in Folge der blendenden Farbe des glühenden Eisens viel an Augenkrankheiten, die nicht selten den Staar herbeiführen. Blaue Brillen von Anfang an getragen schützen wesentlich dagegen.

Theorie des Puddelprocesses.

Die Theorie des Puddelprocesses ist theils bei derjenigen des Frischprocesses im Allgemeinen (vergl. S. 9 u. f.), theils in den vorhergehenden Kapiteln (vergl. S. 207 u. f.) hinreichend erörtert worden. Hier folgen nunmehr die Beläge für die Richtigkeit der dort mitgetheilten Ansichten durch die Resultate ausgeführter Analysen, welche meist gleichzeitig die Zusammensetzung des Eisens, der Rohschlacken *(tap cinder)* und der Garschlacken *(welding cinder)* angeben.

Es muss indessen vorausgeschickt werden, dass manche Fragen noch einer weiteren Untersuchung bedürfen und sich auch auf Grund der nachstehend angegebenen analytischen Resultate nicht hinreichend beantworten lassen, Fragen, welche sich oft auf das Verhalten der wichtigsten Elemente, des Siliciums, des Schwefels und des Phosphors beziehen.

Silicium. Es unterliegt keinem Zweifel, dass Silicium aus dem Roheisen durch die Einwirkung des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft sehr leicht oxydirt und mit Eisenoxydul verschlackt werden kann, ohne dass der Gehalt an Kohlenstoff in Bezug auf Quantität im geringsten beeinflusst wird. Dies lehrt vor Allem der Feinprocess. Aber es entsteht die Frage, ob der Sauerstoff direct diese Oxydation bewirkt, oder ob in ähnlicher Weise wie dies für den Kohlenstoff sicher ist, die Uebertragung durch das Medium des Eisenoxyds oder Eisenoxydoxyduls zu geschehen hat. Dass Silicium bei hoher Temperatur Eisenoxyd oder Eisenoxydoxydul zu Oxydul, welches sich mit der gebildeten Kieselsäure verbindet, reducirt, ist, wenn auch, wie es scheint, zuverlässige Experimente noch

---

[1]) Sowohl der englische viel Fleisch essende, als der oberschlesische früher fast nur, jetzt noch immer zum grossen Theil von Kartoffeln lebende Puddler werden bei mässigem Leben selten krank. Aber beide nehmen ein schnelles Ende, wenn sie sich dem Brantweintrinken ergeben. Bei der starken Schweissbildung ist ein Ersatz der Flüssigkeit im Körper allerdings Erforderniss, aber von allen Getränken scheint nur dünner Kaffee (vielleicht wegen des gekochten Wassers) ganz unschädlich zu sein, von geistigen Getränken dürfte leichtes Bier das gesundeste sein.

fehlen, wohl als ebenso sicher anzunehmen, wie, dass hierbei das über die Bildung des Silicats vorhandene Eisen reducirt wird[1]; dass aber Silicium das bereits mit Kieselsäure verbundene Oxydul reduciren könne, ist nicht wahrscheinlich, zum mindesten sehr fraglich.

Der Vorgang der Reduction oxydirten Eisens durch Silicium ist praktisch bei der Flussstahlerzeugung zu verwerthen gesucht worden, wie dies weiter unten erläutert werden wird.

Mangan. Mangan oxydirt sich leichter als Eisen und würde daher ohne das Vorhandensein von Eisenoxyden zuerst mit der Kieselsäure die Schlacken bilden; letztere aber, welche, auch wenn sie nicht absichtlich zugeschlagen werden, sich in Folge der Massenwirkung des Eisens stets erzeugen, verhindern die Entstehung einer eisenfreien Schlacke, welche vermuthlich die Entkohlung des Eisens abschneiden würde. Jedenfalls ist nach Vollendung der Feinperiode stets der grösste Theil des Mangans entfernt und wird auch nicht wieder reducirt. Mit mehr Vortheil als das Silicium hat man das metallische Mangan am Ende der Frischprocesse zur Entfernung vorhandenen Sauerstoffs angewendet, da es, sich zu Oxydul umwandelnd, leicht unter Reduction des oxydirten Eisens in die Schlacke geht, wie dies ebenfalls näher bei den Flussstahlprocessen erörtert werden soll.

Schwefel. Schwefel wird durch den Puddelprocess nur sehr unvollkommen entfernt, wahrscheinlich mehr vermittelst directer Oxydation zu schwefliger Säure durch die Luft, als durch die Oxyde des Eisens. Dies — obwohl nicht bewiesen — lässt sich daraus schliessen, dass der Schwefelgehalt der Regel nach im Verhältniss zur Zeit des Puddelns abnimmt. Uebrigens scheint eine gewisse Menge als Schwefeleisen unoxydirt in die Rohschlacke zu gehen, welche daher bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure oft einen deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt. Ein anderer Theil bleibt als Schwefeleisen beim Eisenmetall selbst und lässt sich zum Theil noch durch Saigerung der Luppen entfernen. Ein günstiger Einfluss des Mangans auf Abscheidung des Schwefels ist nicht zu verkennen und als Ursache davon wohl die Löslichkeit des Schwefelmangans in Silicaten[2] anzusehen.

Phosphor. Phosphor findet sich theils als Phosphorsäure, theils mit Eisen zu Phosphoreisen verbunden in den meisten Rohschlacken[3], mit denen er durch Abstich entfernt werden kann, bleibt aber zum grossen Theil beim Eisen zurück und lässt sich schliesslich nur noch in einiger Menge durch Aussaigern der Luppen fortschaffen. Ob die Oxydation des im Roheisen immer als Phosphoreisen enthaltenen Phosphors durch directen Einfluss des Sauerstoffs der Luft oder durch die Oxyde des Eisens stattfindet, ist nicht entschieden. Letzteres ist deshalb wahrscheinlicher, weil sich Phosphor immer nur erst abscheidet, wenn sich bereits

[1] $Fe O_3 + Si = Fe + Fe Si O_3$, oder $Fe_2 O_3 + Si = Fe + Fe O, Si O_2$ und $Fe Fe O_4 + Si = Fe_2 Si O_4 + Fe$, oder $Fe O, Fe_2 O_3 + Si = 2 Fe O, Si O_2 + Fe$. — [2] Vergl. Abtheil. II, S. 591. — [3] Vergl. Abtheil. II, S. 577.

eine basische (eisenoxydoxydulreiche) Schlacke gebildet hatte. Jedenfalls spielt die Temperatur hierbei eine grosse Rolle, wie dies am besten der Hochofenprocess, bei welchem keine Phosphorverschlackung stattfindet, beweist [1]). Der im Folgenden beschriebene Bessemerprocess gestattet gerade deshalb, weil erstens die Entferung einer phosphorsäurehaltigen Rohschlacke unausführbar ist, weil zweitens die Temperatur zu hoch ist, keine Abscheidung von Phosphor. Hierzu kommt allerdings, dass bei diesem Processe im Gegensatz zum Puddeln das Gefässmaterial auf Bildung einer nicht basischen Schlacke hinwirkt. Wichtig ist für die Phosphorabscheidung beim Puddelprocesse der feste Aggregatzustand des Eisens und Stahls, welcher gestattet, dass vom Beginn der Krystallbildung an bis zur Herausnahme der Luppen eine Aussaigerung der flüssigen Schlacke und damit eine Entfernung der ebenfalls leichtflüssigen Phosphorverbindungen, gleichgültig ob sie als Phosphoreisen oder als phosphorsaures Eisenoxydul oder Oxyd auftreten, stattfinde [2]). Aus diesem Grunde ist es so schwierig, ja beinahe unmöglich, aus phosphorhaltigem Roheisen einen hinreichend phosphorarmen Stahl zu puddeln, während dasselbe Material ein hinreichend phosphorarmes Schmiedeisen geben kann [3]).

Dieses Verhalten wird später noch einmal zur Sprache kommen, wenn von der Verwendung roher Erze beim Puddeln die Rede sein wird, sowie von dem Einflusse, welchen Zuschläge beim Puddeln auf die Entfernung des Phosphors haben können.

Parry hat vorgeschlagen, den Phosphorgehalt dadurch ganz zu entfernen, dass das einmal gepuddelte Eisen wieder gekohlt und nochmals gepuddelt werde. Dieser Process, dessen Theorie zwar vollständig richtig ist, der der Regel nach aber für praktische Ausführung zu kostspielig wird, findet sich unter dem Abschnitte des Kohlenstahls näher beschrieben.

Analysen von Calvert & Johnson.

Calvert & Johnson zu Manchester haben 1856 zuerst [4]) die chemischen Reactionen des Puddelprocesses durch analytische Untersuchung der Zwischenproducte studirt. Es wurde Kohlenstoff und Silicium in

[1]) Vergl. Abtheilung II, S. 592 u. f. — [2]) Für die Richtigkeit dieses Vorganges spricht auch ein Versuch Abel's zu Woolwich (Percy, Iron, p. 664), wonach in einem umgeschmolzenen und gegossenen phosphorhaltigen Roheisen diejenigen Theile, welche zuletzt erstarren, am phosphorreichsten sind; ferner der Abtheilung II, S. 573 beschriebene Saigerprocess der Puddelschlacke. — [3]) Man darf übrigens bei der Beurtheilung des Productes nie vergessen, dass der nachtheilige Einfluss des Phosphorgehalts mit dem Kohlenstoffgehalte steigt, dass also derselbe Phosphorgehalt einen Stahl unbrauchbar machen kann, der die Eigenschaften eines Schmiedeisens kaum merkbar beeinträchtigt. — [4]) Philosoph. Magazine, Sept. 1857, und Percy, Iron, p. 660.

Theilen des in Zwischenräumen ein und derselben Hitze aus dem Ofen entnommenen Metalls wie folgt bestimmt:

	Zeit der Probe-entnahme	Kohlenstoff Proc.	Silicium Proc.
Im Materialroheisen		2·275	2·720
Probe No. 1	12 Uhr 40 Min.	2·726	0·915
„ „ 2	1 „ — „	2·905	0·197
„ „ 3	1 „ 5 „	2·444	0·194
„ „ 4	1 „ 20 „	2·305	0·182
„ „ 5	1 „ 35 „	1·647	0·183
„ „ 6	1 „ 40 „	1·206	0·163
„ „ 7	1 „ 45 „	0·963	0·163
„ „ 8	1 „ 50 „	0·772	0·168
Rohschienen 9		0·296	0·120

Das Materialroheisen war grau, eine gute Sorte des kalterblasenen Staffordshire-Eisens, es enthielt:

Kohlenstoff	2·275
Silicium	2·720
Phosphor	0·645
Schwefel	0·301
Mangan (und Aluminium?)	Spuren
Eisen	94·059
	100·000

Der Satz bestand aus 102 Kg. Der Puddelofen war vorher „mit Schmiedeisenabfällen gereinigt“ worden.

Es ergiebt sich aus diesen Analysen, dass sich Silicium in grosser Menge schnell bei der Einschmelzung oxydirt, dass dagegen der Kohlenstoff sich absolut nicht vermindert, also, da eine der Kieselsäure entsprechende Eisenmenge verschlackt worden ist, relativ vermehrt hat. Indessen ist die relative Kohlenstoffzunahme viel grösser, als einer etwaigen Eisenoxydation entspricht. Calvert & Johnson bemerken selbst hierzu: „Der Kohlenstoffgehalt ist um 0·625, d. h. 21·5 Proc. seines eigenen Gewichts, gewachsen und der Siliciumgehalt ist um das sehr hohe Verhältniss von 90 Proc. vermindert. Es ist wahrscheinlich, dass diese entgegengesetzten chemischen Reactionen veranlasst werden, was den Kohlenstoff betrifft, durch den Ueberschuss dieses Elements in dem Zustande grosser Vertheilung oder im Zustande des Entstehens im Ofen, und dass derselbe unter dem Einfluss der hohen Temperatur sich mit dem Eisen vereinigt, für welches er grosse Verwandtschaft besitzt, während Silicium und eine kleine Menge Eisen oxydirt werden, sich zu einem Silicate verbinden und die Schlacke bilden, welche, in dem ersten Theile des Puddelprocesses erzeugt, später eine so wichtige Rolle spielt.“ Es ist durchaus unsicher, was die Analytiker mit dem fein vertheilten Kohlenstoff *in statu nascendi* meinen, wahrscheinlich erscheint wohl, dass damit der in der Flamme enthaltene Kohlenstoff bezeichnet werden soll. Eine durch letzteren hervorgerufene Kohlung bleibt bei einem so heftigen Oxydationsprocesse, wie es der erste Theil des Puddelns in der

Feinperiode ist, mindestens höcht unwahrscheinlich und die Ursache könnte eher in einer mechanischen Beimengung von Kohlenpartikelchen zwischen dem Metall gesucht werden. Uebrigens ist die Probenahme bei derartigen Versuchen sehr schwierig, weil eine vollkommene Gleichartigkeit in den einzelnen Ofentheilen nicht vorausgesetzt werden kann, und hierdurch vielleicht am ehesten das auffallende Resultat zu erklären.

Lan's Untersuchungen.

Zugleich mit den Seite 110 mitgetheilten und besprochenen Untersuchungen über den Rivois-Holzkohlenfrischprocess veröffentlichte Lan [1]) auch solche über den Puddelprocess.

Er gelangt hierbei zu denselben Schlüssen wie Calvert & Johnson bezüglich der Abscheidung des Siliciums vor dem Kohlenstoff und berichtet, dass zwar Analysen derselben Art und zu theilweise gleichen Schlüssen führend von Grace Calvert & Johnson angestellt und in den *Annales de Physique et de Chimie*, im April 1858, d. h. nach seinen Untersuchungen veröffentlicht, seine Studien aber bereits 1857 begonnen seien, vergisst indessen mitzutheilen, dass Calvert & Johnson ihre Untersuchungen bereits am 4. April 1856 anstellten. Uebrigens ist auch zu bemerken, dass dasselbe theoretische Factum bereits Price und Nicholson 1855 kannten, wie sich aus ihrem damals genommenen Patent [2]) ergiebt, in welchem sie anführen, dass sich praktisch durch atmosphärische Luft alles Silicium eines Roheisens ohne merkliche Verminderung des Kohlenstoffgehalts entfernen lasse [3]).

Lan untersuchte die Producte des Puddelprocesses auf Stahl in einer Hütte des Loiredistricts. Das Roheisen bestand pr. Hitze aus 80 Kg grauem, sehr grafitischem Roheisen von Allélik in Algier und 120 Kg halbirtem Roheisen von Sollenzara in Corsica. Die beiden Roheisensorten enthielten folgende Bestandtheile:

	Allélik	Sollenzara	Mittel des Satzes
Kohlenstoff	3·65	4·20	3·980
Silicium	1·13	2·06	1·658
Mangan	2·11	Spuren	1·055

1) Ann. des Mines, 5. s. 15, 1re Livraison, p. 85, Etudes sur les Réactions de l'Affinage des Fontes pour Acier ou pour Fer. Par M. Lan, ingénieur des mines, professeur de métallurgie à l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne. — 2) Specification of Patent on the Manufacture of Cast Iron A. D. 1855, No. 2618, sealed May 16, 1856. — 3) Die schon mehrfach getadelte Methode mancher, namentlich französischer Schriftsteller, die früheren Quellen, welche denselben Gegenstand betreffen, oft gar nicht anzuführen, welche wenn nicht Unkenntniss vorliegt, zum mindesten nicht ehrenwerth ist, erschwert ungemein das Studium späterer Forscher. Die Redactionen der Zeitschriften, welche derartige Artikel aufnehmen, sollten in solchen Fällen stets selbstständig die nöthigen Citate hinzufügen; leider macht sich die Bequemlichkeit der Redacteure ausländischer Fachblätter, in dieser Beziehung nichts zu thun, neuerdings auch in der deutschen technischen Journalliteratur mehr und mehr geltend.

Schwefel wurde quantitativ nicht bestimmt, war aber nur in sehr geringen Mengen vorhanden. Phosphor und Kupfer wurden nicht aufgefunden.

Der Puddelofenherd wurde bei Weissglut mit 20 bis 25 Kg Hammerschlag und Walzsinter besetzt. Die Arbeiten nahmen folgende Zeit in Anspruch:

Periode	1. Reparatur des Herdes, Besetzen	7	Min.
„	2. Schmelzung	40 bis 45	„
„	3. Mischen des geschmolzenen Metalls und der Schlacke	25 „ 30	„
„	4. Kratzen, Aufschäumen	20 „ 25	„
„	5. Luppenmachen	6 „ 8	„
„	6. Verlorene Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Hitzen	5	„
		Im Ganzen 1 St. 43 Min. bis 2 St.	

Bei einer guten Herdbildung aus Eisenoxyd von Abfallluppen betrug der Abgang pr. Hitze nur 4 bis 5 Proc. des Roheisens, höchstens 10 bis 12 Proc. Der Kohlenverbrauch betrug auf 100 Gewichtstheile Stahl 130 bis 150, bei schlechter Qualität des Brennmaterials 160 bis 180 Gewichtstheile.

Die Analyseh der zu verschiedenen Zeiten entnommenen Schlacken ergaben folgende Resultate:

	I.	II.	III.	IV.
Kieselsäure	14·50	17·50	15·00	14·50
Eisenoxydul	83·12	81·14	82·00	83·50
Manganoxyd und Spuren anderer Basen . .	2·38	1·36	3·00	2·00
	100·00	100·00	100·00	100·00

No. I. wurde am Ende der zweiten Periode entnommen, als das Bad vollkommen flüssig und etwas bewegt von aufsteigenden Gasblasen geworden war.

No. II. wurde 1/4 Stunde später entnommen, ehe eine Verdickung eintrat und als das Aufschäumen gerade sehr nachgelassen hatte.

No. III. wurde wieder 25 bis 30 Minuten später entnommen, als das Aufschäumen den höchsten Grad erreicht hatte. Roheisen und Schlacke konnten hier nicht getrennt erhalten werden und wurden daher erst nach dem Erstarren separirt.

No. IV. war die nach der Entfernung der Luppen im Ofen bleibende Schlacke.

Das mittlere Verhältniss zwischen dem Sauerstoff der Kieselsäure und dem der Basen schwankte zwischen 1 : 2 und 1 : 2·5. Leider vermisst man alle Angaben über einen Gehalt an Eisenoxyd, welcher namentlich bei dem allen Schlacken eigenthümlichen sehr hohen, übrigens sich sehr gleichbleibenden Eisengehalte kaum gefehlt haben dürfte.

Parry's Untersuchungen.

Parry zu Ebbw Vale theilt die Zusammensetzung eines dunkelgrauen Roheisens und des daraus erzeugten Puddelstahls wie folgt mit[1]:

	Roheisen	Puddelstahl
Kohlenstoff	2·680	0·501
Silicium	2·212	0·106
Schwefel	0·125	0·002
Phosphor	0·426	0·096
Mangan	1·230	0·144
Eisen (als Differenz) . . .	93·327	99·151
	100·000	100·000

Der hohe Gehalt an Silicium im Roheisen lässt darauf schliessen, dass der Kohlenstoff darin zum allergrössten Theil als Grafit enthalten gewesen sei. Auffallend ist der hohe Silicium- und besonders der Mangangehalt, welcher in dem Stahl zurückgeblieben ist.

List's Analysen[2].

List hat die Schlacken des Puddelns von einem hellgrauen, feinkörnigen, wenig Silicium und nicht viel Mangan haltenden Roheisen, welches zu Alsdorf bei Sayn erblasen war, untersucht. Das Product war sehniges Schmiedeisen. Um nicht durch fremde Substanzen den Vorgang zu verdunkeln wurden keine Garschlacken, Walzsinter u. s. w., wie dies bei den Lan'schen Versuchen geschehen war, zugesetzt, auch wurde das Schlackenbad, unter dessen Bedeckung das Roheisen eingeschmolzen wurde, untersucht.

Die Analysen sind im Folgenden zusammengestellt:

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kieselsäure	15·09	16·79	17·44	—	—	—	20·34	21·89
Eisenoxyd	14·41	5·91	12·80	13·66	15·64	18·54	5·51	4·44
Eisenoxydul . . .	49·96	51·42	54·27	44·40	44·59	42·03	56·30	52·60
Manganoxydul . .	10·98	14·87	15·28	—	—	—	—	—
	90·44	88·99	99·79	—	—	—	—	—
Metallisches Eisen	49·9	44·1	51·1	44·2	45·6	45·7	47·65	44·09

No. 1 ist die ursprünglich im Ofen, vor dem Einsatz des Roheisens eingeschmolzene Schlacke.

No. 2. Schlacke nach dem Einschmelzen des Roheisens, vor Beginn des Rührens, 60 Minuten nach der ersten entnommen.

No. 3. Schlacke während des stärksten Aufkochens, 80 Minuten.

---

[1]) Percy, Iron, 797. — [2]) Programm der Gewerbeschule zu Hagen 1860, Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860, S. 472.

No. 4. Beim Beginn des Luppenmachens, 100 Minuten.

No. 5. Nach dem Herausnehmen der ersten Luppe, 105 Minuten.

No. 6. 5 Minuten nach Entleerung des ganzen Ofens, 115 Minuten nach Entnahme der ersten Schlacke.

No. 7 und 8 sind zwei bei einer anderen Hitze entnommene Proben, erstere vor, letztere nach dem Einschmelzen.

In No. 4 bis 6 wurde der Mangangehalt nicht bestimmt.

Rammelsberg[1]) bemerkt zu diesen Analysen:

„Dass nach dem Einschmelzen (also bei Gegenwart von viel metallischem Eisen) der Oxydgehalt der Schlacke um vieles kleiner sein müsse, versteht sich von selbst. Ebenso ist die Zunahme des Kiesel- und Mangangehalts leicht erklärlich. Ob die Schlacken während des Einschmelzens nicht basischer werden, lässt sich aus den Analysen nicht darthun, weil dieselben nicht vollständig sind. Wäre dem so, so könnte dies allerdings davon herrühren, dass das entstandene Eisenoxydoxydul vom Mangan und Kiesel des Roheisens zu Eisenoxydul reducirt wird. Während dann im Verlauf des Processes der Eisengehalt der Schlacken ziemlich gleich bleibt, steigt der des Eisenoxydes, und überhaupt kommen in diesen Schlacken auf 1 Atom Eisenoxyd der Reihe nach: 8, 19, 9, 7, 6·4, 5 Atome Eisenoxydul.“

Hiermit ist Alles, was die Analysen lehren, ausgesprochen. Es ist zu bedauern, dass die fortgesetzte Manganbestimmung unterlassen wurde und so das Anhalten fehlt, ob der Mangangehalt fernerhin constant geblieben sei.

Die beiden hervorgehobenen Lücken suchte List durch die folgende neue Analysenreihe[2]) zu ergänzen.

	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselsäure	17·62	17·77	16·90	17·69	16·40
Eisenoxyd	13·47	7·78	6·03	9·00	9·37
Eisenoxydul	52·21	57·18	59·85	89·26	57·57
Manganoxydul	8·95	12·61	12·10	11·54	11·06
Manganoxyd	1·32	—	—	—	2·04
Phosphorsäure	3·73	—	—	—	3·48
	97·30	—	—	—	99·92
Metallisches Eisen	50·04	49·91	50·77	52·41	51·33

No. 1 war vor dem Einsetzen des Roheisens, No. 2 nach dem Einschmelzen, No. 3 während des stärksten Aufkochens, No. 4 beim Beginn des Luppenmachens, No. 5 nach vollständiger Entleerung des Ofens entnommen. Leider sagt der Analytiker nichts von der Art der Analyse, bei welcher die Nebeneinanderbestimmung von Manganoxydul und Manganoxyd zum mindesten sehr auffallend erscheint.

List führt als Grund dafür, dass die Schlacke während des Einschmelzens nicht basischer werde, selbst nicht, bevor die

[1]) Chem. Metallurgie. — [2]) Zeitschrift der deutschen Ingenieure 1865, S. 384.

Reduction ihren höchsten Gipfel erreicht habe — ein Verhalten, welches sich aus der Vergleichung der Eisenmenge hier allerdings deutlich genug zu ergeben scheint —, an, dass das Silicium um so viel leichter als alle anderen Bestandtheile oxydirt und dadurch der Angriff des Luftsauerstoffs auf das Eisen „gleichsam parirt" werde.

Es ist hierzu zu bemerken, dass dies meist für ein rohschmelziges, siliciumreiches Roheisen zutreffend sein wird, dass dagegen, wie dies weiter oben ausgeführt wurde, bei garschmelzigem Eisen sehr oft die Schlacke gleich nach dem Einschmelzen ziemlich gar ist und dann erst allmälig durch weitere Oxydation des Siliciums in den rohen Zustand übergeht. List hat indessen vollkommen Recht, wenn er behauptet, dass sich beim Einschmelzen unter Zuschlag von garenden Mitteln, wie Hammerschlag u. s. w., ein Urtheil über den Vorgang nicht bilden lasse; er hätte nur noch hinzufügen müssen, dass dies stets deshalb schwierig bleibt, weil man nicht beurtheilen kann, wie viel Schlacke vom Herde aufgelöst und in das Bad übergegangen war. Der Mangangehalt muss nach diesen Analysen bald nach dem Einschmelzen ziemlich vollkommen oxydirt gewesen sein.

Schilling's Analysen [1]).

Alfr. Schilling untersuchte die Veränderungen, welchen ein bei Holzgasfeuerung zu Zorger Hütte im Harz verpuddeltes Holzkohlenroheisen bei der Umwandlung in Stahl unterlag. Der Satz bestand aus 100 Kg Gittelder weissem und 100 Kg Zorger grauem Roheisen [2]).

1. Analysen des Roheisens.

	Gittelder Roheisen	Zorger Roheisen	Mittel
Grafit	0·08	2·13	1·11
Amorpher Kohlenstoff	2·60	1·03	1·81
Schwefel	0·087	0·109	0·098
Phosphor	0·48	0·46	0·47
Silicium	0·99	1·50	1·24
Mangan	2·01	1·31	1·66

2. Analysen der Eisenproben.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
	Probe		Probe		Probe		Probe
Grafit	—	—	—	—	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff	2·49	2·36	2·26	1·77	1·33	1·08	0·94
Schwefel	0·0298	0·027	0·0116	Spur	Spur	Spur	Spur
Phosphor	0·24	0·17	0·11	0·08	0·071	0·075	constant
Silicium	0·34	0·16	0·11		constant		
Mangan	0·47	constant		0·31	constant	0·27	0·27

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1863, S. 313. — [2]) Für feinkörniges und sehniges Schmiedeisen wurden neben 1 Ctr. Gittelder 2 Ctr. Zorger und 1 Ctr. altes Brucheisen verwendet.

3. Analysen der Schlackenproben.

	I.	II.	III.	IV.	V.	IV.	VII.
	Probe		Probe		Probe		Probe
Kieselsäure .	20·98	20·51	20·12	20·34	20·27	20·40	20·52
Phosphorsäure	5·25	5·25			constant		
Eisenoxyd . .	7·12	4·09	4·12	5·20	constant	4·95	6·24
Eisenoxydul .	58·98	62·03	62·14	61·20	constant	61·34	59·88
Thonerde . .	2·78	2·82	2·87	constant	2·91	3·05	2·86
Manganoxydul	1·64	1·64			bleibt constant		
Kalkerde . .	1·84	2·14	2·04	1·69	2·12	1·72	1·69
Magnesia . .	1·62	1·51	1·63	1·52	2·04	1·81	1·79
Alkalien . . .	0·93	0·82	nicht weiter bestimmt u. = 0·87 angenommen				
Schwefelsäure	Spur	Spur			nicht bestimmt		
	101·14	100·80	100·68	100·58	101·55	101·11	100·74

Das Einschmelzen nahm 47½ Minute vom Einsetzen an gerechnet in Anspruch, worauf die erste Probe genommen wurde. Nach Verlauf von 18½ Min. fing der Satz an zu steigen (zweite Probe); nach 14½ Min., während des Steigens, folgte die dritte Probe und als der Satz hoch war, nach 17½ Min., die vierte; während des Garmachens, 14¾ Min. darauf, die fünfte und nach Verlauf von 9 Min. die sechste Probe. Die siebente Probe wurde am Ende des Luppenmachens genommen.

In der Thonerde fanden sich geringe Spuren Chromoxyd und zwar bis zu 0·21 Proc.

Das Sauerstoffverhältniss zwischen Basen und Kieselsäure war:

Bei Probe	1 =	18·236	:	11·916
„ „	2 =	18·045	:	11·710
„ „	3 =	18·131	:	11·547
„ „	4 =	18·103	:	11·641
„ „	5 =	18·456	:	11·611
„ „	6 =	18·284	:	11·667
„ „	7 =	18·228	:	11·718
Durchschnittlich		18·212	:	11.687

Hiernach zeigt sich ein sehr gleichbleibender Silicirungsgrad der Schlacke.

Zuvörderst hat sich schnell Silicium, Mangan und auch Phosphor oxydirt. Grafit ist ganz in amorphen Kohlenstoff übergegangen. Die von Anderen nachgewiesene relative Kohlenstoffzunahme hat nicht stattgefunden. Schilling legt den Grund mit Recht in die hier stärker oxydirend wirkenden Feuergase, welche, viel Eisen oxydirend, alle Bedingungen zu einer beim Einschmelzen beginnenden Entkohlung boten. „Die Gelegenheit zur Entkohlung — sagt Schilling — ist in dieser Periode für die Eisentheilchen zum mindesten ebenso günstig, als beim Rühren. Ein niederschmelzendes Eisenstück bietet den Schlacken stets neue Wirkungsflächen dar; das tropfenweise abschmelzende Eisen muss in feinen Strahlen die Schlacke durchdringen und ausserdem bleibt dieselbe mit der flüssig gewordenen Eisenschicht in steter Berührung."

Die weiteren Proben zeigen, dass eine merkliche Kohlenstoffoxydation erst wieder beim Steigen eintrat. Eisenprobe No. II. war noch ein roheisenähnliches, No. III. dagegen bereits ein stahlähnliches Product, dessen Körner sich schmieden liessen.

Die Schlackenproben zeigen eine anfängliche Abnahme des Oxydgehaltes, der erst wieder dann wächst, wenn der grösste Theil des Kohlenstoffs aus dem Eisen entfernt ist. Es ergiebt sich hieraus, dass die Bildung und Reduction von Eisenoxyd sich bis dahin ziemlich genau das Gleichgewicht gehalten hatte.

Den hohen Phosphorgehalt der Schlacke schreibt Schilling zum grossen Theil den in den Herd gelangenden Aschenbestandtheilen des Brennmaterials zu. Auffallend bleibt die beständige und ziemlich gleichmässige Abnahme des Phosphorgehalts im Eisen.

Analysen von Drassdo[1]).

Drassdo hat das zu Königshütte in Oberschlesien in einem Feinkornofen verpuddelte graue Roheisen sammt den entstehenden Schlacken im Verlauf des Processes verfolgt. Das Abkühlen des Satzes nach dem Einschmelzen erfolgte durch Wasser. Schlacke wurde nicht abgelassen.

A. Schlackenanalysen.

	Einschmelzen		Verdicken des Bades			Aufkochen u. Garen		Luppenmachen
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Kieselsäure . .	26·80	31·95	31·93	31·50	30·91	31·51	32·41	27·13
Eisenoxyd . .	6·36	3·33	3·44	3·88	3·66	0·88	2·61	6·11
Thonerde . .	0·93	0·42	0·32	0·35	0·22	0·44	0·67	0·09
Eisenoxydul .	56·17	54·50	54·98	54·60	55·60	57·70	54·90	59·00
Manganoxydul	7·45	8·17	8·30	8·49	8·28	8·39	8·81	7·04
Kalkerde . .	0·82	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
Magnesia . .	0·22	—	—	—	—	—	—	—
Phosphorsäure	1·90	2·09	2·10	2·11	2·04	2·37	2·47	2·14
Schwefel . .	0·18	0·21	0·17	0·08	0·08	0·13	0·15	0·04
Summe	100·83	100·67	101·24	101·01	100·79	101·42	102·02	101·55
Eisen . . .	48·32	44·72	45·16	45·17	45·8	45·5	44·53	49·9

[1]) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863. Bd. XI S. 178.

B. Eisenanalysen.

	Einschmelzen		Verdicken des Bades			Aufkochen u. Garen		Luppenmachen
	1. Roheisen	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Grafit . . .	2·948			0·876				
Amorpher Kohlenstoff . .	0·721	—	—	2·918	3·352	2·293	—	—
	3·669			3·794				
Silicium . . .	2·648	—	—	0·135	—	—	—	—
Mangan . . .	2·281	—	—	0·483	—	—	—	—
Phosphor . .	0·261	—	—	0·063	—	—	—	—
Schwefel . .	0·120	—	—	Spuren	—	—	—	—
Eisen	91·021	—	—	95·524	—	—	—	—
Summe	100	—	—	100	—	—	—	—

Das Verhältniss zwischen der Kieselsäure, den $\dot{R}$ Basen und den $\bar{R}$ Basen ist folgendes:

	$\ddot{Si}$		$\dot{R}$		$\dddot{R}$		Sauerstoffverhältniss				
1.	14·18	:	14·5	:	2·34	=	1	:	1·026	:	0·165
2.	16·904	:	13·97	:	1·13	=	1	:	0·826	:	0·069
3.	16·89	:	14·1	:	1·18	=	1	:	0·835	:	0·070
4.	16·66	:	14·073	:	1·32	=	1	:	0·845	:	0·079
5.	16·35	:	14·24	:	1·19	=	1	:	0·871	:	0·072
6.	16·67	:	14·73	:	0·46	=	1	:	0·884	:	0·027
7.	17·14	:	14·21	:	1·09	=	1	:	0·829	:	0·064
8.	14·35	:	14·72	:	1·87	=	1	:	1·026	:	0·131

Aus der folgenden Tabelle ergiebt sich Zeit der Entnahme und Beschaffenheit der Proben.

1. A. **Roheisen.**

Das Roheisen ist ein gares graues, bei Koks erblasen, von mittlerem Korn, reich an Grafit, mit der Feile ohne grosse Schwierigkeiten zu bearbeiten.

1. B. **Schlacke**, aus dem Herde genommen vor dem Eintragen des Roheisens 9 Uhr 12 Min.

Die Schlacke ist compact, von schwarzgrauer Farbe, der Bruch muschlig bis uneben, metallisch glänzend mit Spuren von Anlauffarben. Hohes specifisches Gewicht, keine deutlich ausgesprochene Neigung zur Krystallisation.

2. **Schlacke u. Eisen**, genommen bei noch nicht völlig vollendetem Einschmelzen, 9 Uhr 58 Min.

Schlacke und Eisen sind getrennt, das Eisen liegt in compacter Masse auf dem Boden des Löffels unter der Schlacke, einzelne Eisenkörner sind von der Schlacke umflossen, dieselben sind theils rund, theils von langgezogener Form. Die Schlacke ist löcherig, zeigt

viele Höhlungen, namentlich von langgezogener Form, und ausgesprochene Neigung zur Krystallisation. Die inneren Höhlungen zeigen deutlich ausgebildete Krystalle von gelblichbrauner Farbe, dieselben sind dunkler als die freie Oberfläche und die Bruchfläche. Das Ansehen ist das einer geflossenen Masse; schwärzlichgraue Farbe, Bruch muschlig bis uneben, metallisch glänzend, mit Anlauffarben; spröde. Das Eisen ist weiss, mit der Feile nicht anzugreifen.

3. Schlacke, genommen bei vollendetem Einschmelzen, 10 Uhr 15 Min.

3. und 4. können bei der Kürze der zwischenliegenden Zeit zusammengefasst werden. 3. war nicht tief genug geschöpft und gab kein Eisen, weshalb schnell Probe 4 genommen wurde.

4. Schlacke und Eisen, genommen 10 Uhr 18 Min.

Schlacke und Eisen sind noch ganz getrennt. Die Schlacken ähneln sehr der Schlacke 2., nur schliessen sie keine sichtbaren Eisenkörner ein; die Krystalle sind stellenweise etwas deutlicher. Das Eisen ist silberweiss, der Grafit ist in chemisch gebundenen Kohlenstoff übergegangen; das Eisen ist spröde, es ritzt Glas, die besten härtesten Gussstahlfeilen greifen es nicht an; es ist löcherig, luckig und die Höhlungen zeigen Spuren von Anlauffarben.

5. Schlacke und Eisen, genommen nach dem Aufgiessen des Wassers, 10 Uhr 30 Min.

Die Schlacke ähnelt im Allgemeinen noch der vorigen. Das Eisen bildet ein körniges Gemenge mit der Schlacke, beide sind nicht mehr schichtenweise getrennt, auch nicht mehr compact, sondern durcheinander gewirrt, doch zeigt die Schlacke noch einigen Zusammenhang. Die Eisenkörnchen hängen nicht zusammen, haften nicht aneinander, sind grösser als bei den folgenden Proben; sie sind noch silberweiss, ritzen Glas, sind spröde, zeigen also noch die Eigenschaften der vorigen compacten Eisenmasse. Die Probe zeigt blaue Flämmchen, Zeichen beginnender Entkohlung.

6. Schlacke und Eisen, genommen beim stärksten Aufkochen, 10 Uhr 40 Min.

Das Gemenge von Schlacke und Eisen ist ein sehr inniges; sie durchwachsen einander vollständig, die Eisenkörnchen haften noch nicht an einander, brechen leicht von einander, zeigen weisse Bruchfläche, sind noch nicht hämmerbar. Die Schlacke ähnelt in Farbe, Neigung

zur Krystallisation etc. den vorigen, sie hat aber noch mehr als in Probe 5 an Zusammenhang verloren.

7. Schlacke und Eisen, genommen während des Garens, 10 Uhr 50 Min.

Die Eisenkörnchen beginnen an einander zu haften, sie bilden grössere zusammenhängende Massen, einzelne Körnchen sind schon so zusammengeschweisst, dass sie mehrmals hin- und hergebogen werden können, ehe sie reissen, der Bruch ist dann zackig, doch findet dies nicht gleichartig durch die ganze Masse statt. Die Körner sind in geringem Grade hämmerbar, die Schlacke ähnelt der vorigen.

8. Schlacke und Eisen, genommen als die letzte Luppe aus dem Ofen geholt wurde, 11 Uhr 20 Min.

Das Eisen ist hämmerbar, lässt sich breit schlagen, die Theile sind fest zusammengeschweisst, die Karaktere des Stabeisens sind unverkennbar. Die Schlacke zeigt dieselben äusseren Merkmale wie Schlacke 1, welcher sie auch in der Zusammensetzung gleicht.

Drassdo berechnet für den Fall, dass das Eisenoxyd als in Verbindung mit Eisenoxydul in der Schlacke enthalten gedacht wird, eine Annahme, die der Wirklichkeit gewiss nahe kommt, folgende Zusammensetzungen:

	Eisenoxydul- Singulosilicat (Atome)	Eisenoxydul- Bisilicat (Atome)	Eisenoxydoxydul ($Fe\,Fe'\,O_4$) Atome
1	8	—	1
2	9	3	1
3	10	3	1
4	10	3	1
5	11	3	1
6	12	4	1
7	10	3	1
8	8	—	1

Diese Analysen ergeben, dass sich in der Periode des Einschmelzens Silicium und Mangan sowie Phosphor in bedeutendem Maasse abgeschieden haben, dass dabei an vorher gebildetem Eisenoxyd (Eisenoxydoxydul) verloren gegangen sein und sich die Schlacke an letzterem erst wieder in der Verdickungsperiode angereichert haben muss, dass der Kohlenstoff bald langsam, energisch aber erst vom Beginn des Auf-

kochens an oxydirt wurde. Hierbei weicht nur das Ergebniss hinsichtlich des Phosphors von sonstigen Erfahrungen wesentlich ab. Es ist dies um so auffallender, als die Probehitze absichtlich ohne jeden Zusatz von Garschlacke stattfand, und kaum anders zu erklären, als entweder durch ein bedeutendes Abschmelzen der Sohle, oder eine sehr starke Oxydation des Eisens beim Einschmelzen. Die Beschaffenheit der Schlacke (ein Singulosilicat mit Eisenoxydoxydul) entspricht in der That auch ganz einer Garschlacke und bestätigt insofern, dass das eigenthümliche Ergebniss nicht etwa auf einem Versehen des Analytikers beruht.

Weitere Versuche zu Königshütte[1]).

Bei Gelegenheit einer Reihe auf Veranlassung des Verfassers angestellter Versuche zu Königshütte, im Kupolofen ein phosphorfreies Material für den Bessemerprocess herzustellen, wurden mehrfache Proben aus dem Puddelofen genommen, um zu bestimmen, in welcher Periode des Puddelprocesses sich die grösste Menge Phosphor entfernen liesse. Die Phosphorbestimmungen sind mit der grösstmöglichen Sorgfalt ausgeführt worden. Es wurde ein Roheisen mit 0·497 Proc. Phosphor benutzt. Dasselbe hatte beim Feinen im Flammofen nach dreistündiger Schmelzung einen Gehalt von 0·514, nach vierstündiger Schmelzung einen Gehalt von 0·570 Proc. Phosphor ergeben, welcher unter Berücksichtigung des in dieser Zeit eingetretenen Eisenabganges (Eisen und Silicium) fast genau dem ursprünglichen Gehalte des Roheisens entsprach, wonach also keine Verminderung stattgefunden hatte.

Dasselbe Roheisen (mit 0·497 Proc. Phosphor) wurde in den Feinkornpuddelofen eingesetzt und zeigte nach dem Einschmelzen 0·450 Proc., beim Beginn des Aufkochens 0·298 Proc., während die erzeugten Feinkornrohschienen 0·100 Proc., daraus dargestellte Sehnerohschienen nur 0·070 Proc. Phosphor enthielten. Es war also im Anfang eine sehr geringe Entphosphorung, und erst am Ende des Processes eine starke Befreiung von Phosphor eingetreten.

Sodann wurde eine Mischung desselben Roheisens mit einem aus Raseneisenerzen erblasenen Roheisen von 1·2 Proc. Phosphor zu gleichen Theilen in dem nämlichen Puddelofen behandelt. Beim Beginn des Aufkochens waren noch 0·545 Proc. Phosphor im Eisen enthalten, die Feinkornschienen zeigten 0·228, die Sehneschienen 0·070 Proc. Phosphor.

Es ergab sich hieraus, dass eine hinreichend vollständige Entfernung des Phosphors nur bei der Erzeugung von Schmiedeisen gelang, also wahrscheinlich nur in Folge des Aussaigerprocesses möglich war.

---

[1]) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XV, S. 156.

Untersuchungen von Dr. Kollmann[1]).

Die Hitze, bei welcher die folgenden Proben entnommen sind, wurde zu Königshütte in Oberschlesien in einem mit Planrostfeuerung versehenen Puddelofen ausgeführt, nachdem vorher acht Hitzen mit demselben Roheisen ohne Zusatz von fremden Zuschlägen, wie Drehspänen etc., gemacht worden waren. Der Einsatz betrug 225 Kg eines lichtgrauen, feinkörnigen, ziemlich homogenen Roheisens, welches aus Brauneisenerz zur Hälfte mit Koks, zur Hälfte mit rohen Steinkohlen erblasen war. Das Product war Drahteisen, welches zu Quadratstäben ausgewalzt wurde. Das aus mehreren Hitzen ermittelte Ausbringen betrug 81·6 Proc. des Roheisens.

Proben (s. S. 247). No. I. zeigt die Zusammensetzung des grauen Materialroheisens, No. 1 die Zusammensetzung der Schlacke, welche nach Entfernung der Luppen der vorigen Hitze im Ofen verblieben war. No. 1a. ist die nach vollendetem Einschmelzen des Roheisens entnommene Schlacke. Nachdem 11 Uhr 20 Min. circa 20 Kg Garschlacke zugesetzt waren, begann das Kratzen 11 Uhr 28 Min. Nach dem Einwerfen der Garschlacke hatte sich ein Satz gebildet, dessen Zusammensetzung No. II. zeigt. Es war ein sehr hartes Eisen mit weissem Bruch. No. 2 ist die zugehörige Schlackenprobe. Um 11 Uhr 28 Min. wurde mit dem Rühren begonnen und zwar mit der ersten Kratze bis 11 Uhr 35 Min., um welche Zeit das Aufkochen der ganzen Masse anfing. Nachdem zwei Kratzen warm gezogen waren, zeigten sich einzelne auf dem Bade schwimmende Eisenkörnchen. Um 11 Uhr 35 Min. wurde die Eisenprobe III., welche ganz weissen Bruch hatte, und die Schlackenprobe 3 genommen, während IV. die Zusammensetzung der einzelnen Körner und 4 der dieser als Unterlage dienenden Schlacke zeigen. Um 11 Uhr 43 Min. fing die Schlacke an über die Arbeitsschwelle zu steigen. Um 11 Uhr 56 Min. erreichte das Aufkochen den höchsten Grad. Inzwischen wurde die schon geschmeidigere Eisenkörner zeigende Probe V. und die zugehörige Schlacke 5 genommen. Die Einschmelzperiode hatte 34, die Rohfrischperiode 39 Min. gedauert. Die folgenden Proben stammen aus der Garfrischperiode. Um 12 Uhr 7 Min. begannen sich die Eisenkörner zu Klumpen zu ballen. Bevor um 12 Uhr 15 Min. Schlacke abgestochen wurde, nahm man die Proben No. VI. und 6. Während des Luppenmachens, welches 12 Uhr 18 Min. begann, wurden die Proben No. VII. und 7 genommen. No. VIII. ist das Eisen der ersten Luppe, wogegen No. 8a. die unter dem Dampfhammer ausgepresste Schlacke der vierten Luppe zeigt. No. IX ist das zu einem Riegel ausgewalzte Eisen der letzten Luppe, No. 9 dagegen die Schlacke vom Herde nach dem Herausnehmen der letzten Luppe.

---

[1]) Zeitschr. des Vereins deutscher Ingenieure 1874, S. 326.

Die Schlackenprobe a. zeigt die Zusammensetzung der nach dem Einschmelzen zugeworfenen Schlacke, b. dagegen die Walzschlacke, welche beim Frischen zugesetzt wurde.

Alle Puddelschlacken hatten eine eisenschwarze Farbe mit bläulichem Schein und deutlichem Metallglanz. Sie enthalten alle mehr oder weniger regulinisches Eisen und sind magnetisch. Beobachtungen unter dem Mikroskop zeigen deutlich durchscheinende Theile, in welchen dunklere Stellen eingeschlossen sind. Die garere Schlacke zeigt mehr dunkle Stellen als die rohere. Mit Recht schliesst Kollmann hieraus, dass die Schlacken mechanische Gemenge seien, indem die hellen Punkte das Eisensilicat, die dunklen Stellen das Eisenoxydoxydul darstellen.

Die Schlackenanalysen zeigen, dass die Schlacke während des mit einem Feinen verbundenen Einschmelzens nicht garer, sondern roher wird, d. h. dass der Kieselsäuregehalt steigt. Ebenso wächst der Mangan- und der Eisenoxydulgehalt und es sinkt der Eisenoxydgehalt. Auffallender Weise steigt auch der Phosphorgehalt. Kollmann hat recht übersichtlich das Wachsen und Fallen in der Weise zusammengestellt, dass er jedem Stoffe in der ersten Probe den Werth 100 giebt. Demnach ist für die wichtigsten Bestandtheile das Verhältniss folgendes:

Schlacke No.	1	1a	2	3	4	5	6	7	8a	9
Kieselsäure .	100	112	134	151	133	130	143	127	106	114
Eisenoxydul .	100	113	105	100	109	99	90	92	99	98
Eisenoxyd . .	100	44	35	31	41	51	55	60	87	79
Manganoxydul	100	143	187	191	154	178	242	220	129	142
Phosphorsäure	100	148	187	183	152	185	235	181	164	171

Am interessantesten und am meisten Aufschluss über den Verlauf des Processes giebt das Verhältniss des Eisenoxydes, welches auch von Kollmann mit besonderer Sorgfalt bestimmt wurde. Der Gehalt daran sinkt sofort beim Einschmelzen. Es wird also von dem vorhandenen und auf der Oberfläche des Eisens beim Einschmelzen gebildeten Oxyde Sauerstoff zur Oxydation des Siliciums, Mangans etc. verbraucht und entsprechend sinkt auch der Gesammteisengehalt (von 100 auf 94). Dies findet bis zur Probe 3 fortgesetzt statt. Der Schlackenzusatz bewirkt nun aber das Gegentheil und von Nr. 4 an steigt der Eisenoxydgehalt, ohne jedoch wieder das ursprüngliche Verhältniss zu erreichen. Je garer das Eisen wird, um so mehr ist es der Oxydation ausgesetzt. Daraus erklärt sich leicht das angegebene Verhältniss.

Auffallend bleibt die Variation des Phosphorsäuregehalts. Bei No. 2, 3, 5, 6 und 7 übersteigt er 180.

No.	I.	II.	III	IV.	V	VI.	VII.	VIII.	IX.
Zeit der Entnahme, Uhr u. Min.	10. 43.	11. 26.	11. 35.	11. 38.	11. 45.	12. 14.	12. 19.	12. 32.	12. 42.
Eisen	88·06	92·75	93·65	94·57	95·74	97·38	97·78	98·39	98·98
Kohlenstoff	2·57	2·80	2·89	2·78	2·63	1·65	1·38	0·86	0·63
Silicium	3·21	1·09	0·23	0·21	0·22	0·232	0·211	0·108	0·092
Mangan	5·14	2·68	2·53	2·20	1·31	0·65	0·326	0·280	0·156
Schwefel	0·0397	0·0159	0·0130	0·0122	0·0120	0·0117	0·0110	0·0103	0·0098
Phosphor	0·975	0·582	0·561	0·30	0·25	0·21	0·181	0·170	0·123
Specif. Gewicht	7·3	—	—	—	—	—	—	—	7·9

B. Schlacke.

No.	1	1a	2	3	4	5	6	7	8a.	9	a. kalter Schlackenzusatz	b. kalter Schlackenzusatz
Zeit der Entnahme, Uhr u. Min.	10. 43.	11. 17.	11. 27.	11. 35.	11. 38.	11. 46.	12. 14.	12. 20.	12. 38.	12. 42.	Mengen 20 Kg	50 Kg
Kieselsäure	15·32	17·13	20·50	23·18	20·37	19·95	21·91	19·45	16·29	17·39	20·59	15·00
Eisenoxydul	52·18	59·06	54·61	52·43	57·06	51·68	46·76	48·04	51·62	51·32	50·43	47·16
Eisenoxyd	22·31	9·81	7·72	6·94	9·04	11·45	12·36	13·48	19·32	17·54	10·73	23·63
Manganoxydul	6·56	9·35	12·38	12·51	10·10	11·69	15·87	14·40	8·46	9·34	14·63	8·83
Thonerde	0·33	0·35	0·41	0·49	0·30	0·27	0·30	0·34	0·38	0·42	0·50	0·81
Kalkerde	0·7	0·69	0·80	0·83	0·51	0·50	0·43	0·62	0·61	0·58	0·92	0·30
Phosphorsäure	2·30	3·40	4·30	4·22	3·49	4·26	3·10	4·17	3·78	3·93	3·10	4·61
Schwefelsäure	Spur	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gesammtgehalt an Eisen	65·19	52·80	47·87	45·63	50·70	48·20	45·02	46·79	53·67	52·18	46·73	52·22
Specif. Gewicht	4·8	3·9	4·1	4·4	4·2	4·3	4·4	4·4	3·7	4·6	4·1	5·6

Schraders Untersuchungen[1]).

Der Ingenieur Oscar Schrader zu Düren hat den Stahlpuddelprocess in einem mit Wasserkühlung versehenen, fünf Tage unter unveränderten Verhältnissen betriebenen Ofen durch Analysen von Eisen- und Schlackenproben verfolgt.

Eisenproben.

No.	Mangan	Kiesel	Grafit	Chemisch gebundener Kohlenstoff	Gesammtkohlenstoff
	in Procenten				
I.	6·721	1·260	2·154	2·246	4·400
II.	1·434	0·050	1·577	2·823	4·400
III.	1·227	0·030	1·235	3·165	4·400
IV.	0·909	Spur	0·946	3·454	4·400
V.	0·595	Spur	0·577	2·173	2·750
VI.	0·570	Spur	0·499	1·451	1·950
VII.	0·570	Spur	0·300	1·000	1·300

Schlackenproben.

No.	Eisenoxydul	Manganoxydul	Kieselsäure	Thonerde	Kalk
	in Procenten				
1.	60·643	18·763	14·436	5·638	0·520
2.	54·731	24·044	15·995	4·775	0·473
3.	57·226	21·506	15·419	5·348	0·411
4.	58·832	20·130	14·747	5·790	0·501
5.	57·359	21·417	15·336	5·475	0·413
6.	58·141	20·792	14·922	5·653	0·492
7.	60·017	19·062	14·586	5·816	0·519

Ausserdem wurden Spuren von Alkalien, Phosphorsäure und Nickel entdeckt, ohne näher bestimmt worden zu sein.

[1]) A. K. Kerpely, Fortschritte der Eisenhüttentechnik 1865, S. 204, und Zeitschr. d. Ver. deut. Ing. S. 448.

No. I. der Eisenproben ist die Mischung des sehr reinen Holzkohlenroheisens, welches in Sätzen von 205 Kg zur Verarbeitung kam,
„ II. eine Eisenprobe nach erfolgter Schmelzung, also nach stattgefundener Mischung der verschiedenen Eisensorten und nachdem eine Kratze gearbeitet war,
„ III. nach der zweiten Kratze,
„ IV. „ „ vierten Kratze,
„ V. als der Stahl anfing zusammenzugehen,
„ VI. als mit dem Luppenmachen begonnen wurde,
„ VII. von dem gewalzten und gehärteten Rohluppenstabe.
No. 1. der Schlackenproben fünf Minuten nach dem Herausnehmen der Stahlluppen,
„ 2. 3. 4. und 5. sind gleichzeitig mit den Eisenproben II. III. IV. und V. genommen,
„ 6. als mit dem Luppenmachen begonnen wurde,
„ 7. nachdem die Luppen herausgebracht waren.

Interessant ist in diesen Proben namentlich das ungleichförmige Abnehmen des Kiesel- und Mangangehalts, welches der Massenwirkung des Eisens im Gegensatz zum Mangan zugeschrieben werden muss. Auffallend bleibt der langsame Uebergang des Grafits in chemisch gebundenen Kohlenstoff, den man nach der Entfernung des Siliciums bei Probe IV. für abgeschlossen halten sollte.

„Wenn," schliesst der Autor, „die durch den Puddelprocess entfernten Elemente (Mangan, Kohle, Kiesel) von dem Roheiseneinsatz in Abzug gebracht werden,

$$205 - (2{\cdot}05 \times 10{\cdot}511) = 183{\cdot}5$$

so hätten, wenn das Eisen mit der Luft gar nicht in Berührung gekommen wäre, höchstens 183·5 Kg ausgebracht werden können. Da das Ausbringen aber 192·5 Kg betragen hat, so muss der verbrennende Kohlenstoff Eisen aus den Schlacken reducirt haben.

Es verbrannten:

$$1{\cdot}55 \times 2{\cdot}05 = 6{\cdot}35 \text{ Kg Kohle}$$

und konnten, da 6 Kg Kohle, bei ihrer Verbrennung durch Reduction der Schlacke, 28 Kg Eisen frei zu machen vermögen

$$\frac{6{\cdot}35}{6} \times 28 = 29{\cdot}63 \text{ Kg Eisen}$$

reducirt worden sein.

Daraus erhellt auch, warum bei gleichem Mangan- und Kieselgehalt ein kohlenstoffreiches Eisen besseres Gewicht liefert als kohlenstoffarmes."

Die Schlackenanalysen haben weniger Werth, weil in ihnen die Bestimmung des Oxydgehalts fehlt. Auch das Verhältniss zwischen Eisen- und Manganoxydul ist nicht von Interesse. In No. 3. und 4. nimmt das Manganoxydul ab, das Eisenoxydul aber zu. Die Erklärung hierfür giebt Schrader folgendermaassen:

„Zur Beschleunigung der bisher noch nicht erfolgten Mischung von Eisen und Schlacke wurden circa 20 Kg Luppenwalzenschlacke in den Ofen geworfen. Diese sehr basischen Schlacken bestehen bekanntlich aus Eisenoxyduloxyd und enthalten verhältnissmässig wenig Manganoxydul und mussten sich sonach in den Mangangehalt der ganzen Masse theilen und den Durchschnittsgehalt herunterdrücken.“

Siemens' Versuche.

Siemens[1]) hat durch directe Versuche die schon vor ihm gemachte Annahme zu beweisen versucht, dass die Oxydation von Kohlenstoff und Silicium im flüssigen Roheisen nur durch Einwirkung des Sauerstoffs des oxydirten Eisens oder der Schlacke stattfinde und nicht durch den mit der Flamme in den Ofen geführten Sauerstoff der Luft.

Es wurden 10 Ctr. Acadisches Roheisen mit 1 Ctr. Glasscherben in einen gewöhnlichen Regeneratorgasofen, der sonst zum Stahlschmelzen benutzt wurde und mit offenem Herde versehen war, eingesetzt. Der Herd bestand aus reinem Quarzsand und es sollte zuvörderst untersucht werden, ob ein Einfluss desselben auf das Roheisen stattfindet. Das Roheisen enthielt:

Silicium 1·5 Proc.
Kohlenstoff 4·0 Proc.

Nach einer Stunde war Metall und Glas geschmolzen und eine Probe zeigte:

Silicium 1·08 Proc.,
Kohlenstoff 2·90 Proc. { 0·6 Proc. amorph / 2·3 „ Grafit }

Nach 2 Stunden ergaben sich:

Silicium 0·96 Proc.,
Kohlenstoff 2·40 „ (nur amorph).

Nach 3 Stunden:

Silicium 0·76 Proc.,
Kohlenstoff 2·40 „

So hatte sich also der Gehalt an Silicium stets vermindert, nicht vermehrt. Es nimmt hiernach flüssiges Roheisen in Berührung mit Kieselsäure oder Silicaten kein Silicium auf. Die Verminderung des Siliciums war durch die wenn auch geringe aber nicht ganz zu vermeidende Oxydation zu erklären.

Nun wurden rohe Erze in kleinen Partien zugegeben, wonach nach 5 Stunden eine Probe ergab:

Silicium 0·046 Proc.,
Kohlenstoff 0·25 „

beide Stoffe waren also unter der Glasdecke durch Einwirkung des

[1]) On puddling Iron by C. W. Siemens. Paper read before the British association at Norwich 1868.

Eisenoxydes ziemlich vollständig entfernt worden. Das abgestochene und gewogene Eisen ergab eine Zunahme von 5·7 Proc. Metall.

Siemens schliesst hieraus, dass die Entfernung von Silicium und Kohlenstoff aus dem Roheisen beim Puddelprocess lediglich durch die Gegenwart flüssigen Eisenoxydes erfolgt und dass eine der Oxydation entsprechende Eisenmenge reducirt werde, dass hiernach der theoretische Verlust 11·1 Proc. betragen dürfe und der praktische meist auf 20 Proc. steigende Verlust nur durch Oxydation nach der Bildung der Krystalle, namentlich beim Luppenmachen, entstehe.

Wenn auch die Behauptung richtig ist, dass die Oxydation von Silicium und Kohlenstoff durch die Oxyde des Eisens bewirkt werden könne, so ist doch nicht anzunehmen, dass der Puddelprocess ohne Einwirkung der atmosphärischen Luft verlaufe, vielmehr bildet der atmosphärische Sauerstoff beim Puddelprocesse jene Schlacken, welche ihren Sauerstoff wieder weiter abgeben. Wäre dem nicht so, so würde ein Puddeln ohne Oxyde oder Garschlackenzusatz ganz unmöglich sein. Uebrigens aber scheinen alle Thatsachen darauf hinzuweisen, dass mindestens ein grosser Theil des Siliciums beim Puddeln direct durch den Sauerstoff der Luft oxydirt werde, während sich allerdings der Kohlenstoffgehalt hartnäckig diesem Einflusse verschliesst.

Siemens[1]) theilt Analysen eines schlechten englischen Roheisens und daraus erzeugten Schmiedeisens mit, welche in seinem Laboratorium zu Birmingham von A. Willis ausgeführt wurden:

	Roheisen.		Rohstabeisen.
Schwefel	0·08	Schwefel	0·017
Phosphor	1·16	Phosphor	0·237
Silicium	1·97	Silicium	0·200
Eisen und Kohlenstoff (durch Differenz)	96·79	Eisen (durch Differenz)	99·546
	100·00		100·000

Der hohe Gehalt an Silicium in dem Schmiedeisen ist sehr auffallend und erweckt kein Vertrauen zu der Richtigkeit der Analysen. Wenn man bedenkt, wie leicht oxydirbar dieser Stoff ist und wie namentlich am Ende des Processes bei dem grossen Ueberschuss an Eisenoxyden jede Spur davon in Kieselsäure umgewandelt werden muss, so kann man wohl annehmen, dass die übrigens vielfach in der eisenhüttentechnischen Literatur verbreitete Ansicht von einem Siliciumgehalte des gefrischten Schmiedeisens — dem dann oft die Unbrauchbarkeit des Products (der Faulbruch) zugeschrieben wird — nur auf der Unzulänglichkeit der Analysen beruht, bei denen ein Gehalt an Schlacke nicht hinreichend berücksichtigt wurde [2]).

[1]) On puddling iron 1868, p. 9. — [2]) Trifft man wirklich einen Siliciumgehalt an, so ist dieser fast immer nur durch späteren Zusatz von siliciumhaltigem Roheisen, z. B. bei den Flussstahlprocessen, in das Eisen gekommen, nicht aber als ein Rest des dem Frischprocesse unterworfen gewesenen Roheisens anzusehen.

Auch Siemens theilt die zuerst wohl von Percy ausgesprochene Ansicht, wonach Schwefel und Phosphor hauptsächlich durch Aussaigerung der Luppen entfernt werden können, und empfiehlt die Regeneratorfeuerung wegen der Möglichkeit hohe Temperaturen zu erreichen als besonders geeignet.

Zehme's Untersuchungen.

Dass Kupfer sich hartnäckig der Oxydation entzieht, im metallischen Zustande mit dem Eisen legirt bleibt und in diesem ähnlichen Einfluss ausübt, wie der Schwefel, d. h. Rothbruch erzeugt, ist schon früher erörtert worden. Zehme hat den Einfluss des Kupfers beim Puddelprocess speciell studirt [1]). Halbirtes Siegener Roheisen mit 0·35 Proc. Kupfer zeigte sich nach dem Einschmelzen weiss, gab keine heftige Entwickelung von Kohlenoxyd, stieg daher nicht, garte ungemein schwer und sprühte beim Ablassen nach dreistündiger Arbeit blaue Funken.

Die Analyse ergab folgende Resultate:

	a.	b.	c.
Silicium	1·32	0·29	—
Schwefel	0·28	—	0·20
Mangan	3·56	—	0·48
Kupfer	0·35	0·38	0·57

a. zeigt die Zusammensetzung des angewendeten Roheisens, b. die desselben nach dem Einschmelzen, c. die des nach dreistündiger Arbeit abgelassenen Eisens.

Hierzu ist zu bemerken, dass zwar nach allen praktischen Erfahrungen Kupfer schon an sich dem Schmiedeisen schädlich ist, aber dessen Nachtheil noch vermehrt wird, wenn gleichzeitig Schwefel vorhanden ist. Es scheint, dass die nachtheilige Wirkung selbst geringer Mengen von Kupfer besonders in der grossen Verwandtschaft dieses Metalles zum Schwefel zu suchen ist.

Analysen von Puddelschlacke.

Die im Vorhergehenden im Zusammenhange mit dem Verlaufe des Puddelprocesses mitgetheilten Schlackenanalysen sollen noch durch die einiger einzelnen Schlacken vervollständigt werden, welche zum grossen Theil von Percy angegeben worden sind [2]).

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860, Nr. 5, und Rammelsberg, chemische Metallurgie, S. 181. — [2]) Iron, p. 668.

a. Schlacken vom Sehnepuddeln.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Kieselsäure	7·71	8·32	11·76	29·60	23·86	15·30
Eisenoxydul	66·32	57·67	58·67	48·43	39·83	60·14
Eisenoxyd	8·27	13·53	17·00	17·11	23·75	16·42
Manganoxydul	1·29	0·78	0·57	1·13	6·17	2·29
Thonerde	1·63	1·88	2·84	1·28	0·91	Spuren
Kalk	3·91	4·70	2·88	0·47	0·28	0·70
Magnesia	0·34	0·26	0·29	0·35	0·24	0·42
Schwefeleisen (Fe S)	—	7·07	3·11	1·61	0·62	—
Schwefel	1·78	—	—	—	—	Spuren
Phosphorsäure	8·07	7·29	4·27	1·34	6·42	4·66
Kupfer	Spuren	Spuren	—	—	—	—
	99·32	101·50	101·39	101·32	102·08	99·93
Metallisches Eisen (Proc.)	57·37	58·05	—	44·22	47·60	58·26

No. I. Die Schlacke ist von E. Riley zu Dowlais-Hütte in Südwales analysirt. Sie war beim Puddeln gewöhnlichen weissen Roheisens zur Fabrikation von Schienen (Stegeisen) gefallen.

No. II. von demselben Analytiker untersucht, wurde in einem Puddelofen, der mit Kalkstein ausgesetzt war, erzeugt.

No. I. und II. sind als Singulosilicate mit Eisenoxydoxydulgehalt anzusehen.

No. III., von demselben Analytiker untersucht, wurde in einem mit Rotheisenerz ausgesetzten [1]) und mit demselben gefütterten Puddelofen erzeugt.

Das Roheisen, bei dessen Verarbeitung diese sowie die Schlacke No. II. fiel, war sehr schlecht und unter Zusatz grosser Mengen von Schlacke aus Kohleneisenstein erblasen. Das Eisen zeigte sich brüchig beim Walzen: dasjenige, welches in dem mit Rotheisenerz ausgesetzten Puddelofen erzeugt war, verhielt sich indessen besser, als das aus dem mit Kalkstein ausgesetzten Ofen. Riley glaubte die Ursache in der Verminderung des Schwefelgehalts durch Oxydation vermittelst des Rotheisenerzes zu finden. Wahrscheinlicher ist indessen, dass die Vermehrung des Eisengehalts aus dem reinen Rotheisenstein den relativen Schwefelgehalt verminderte und daher das Eisen verbesserte.

No. IV., analysirt von Percy. Die Probe war in deutlichen, schön ausgebildeten, glänzenden schwarzen Krystallen von der Form des Eisenchrysalits oder Olivins im rhombischen System krystallisirt. Härte = 6, specifisches Gewicht bei 18·6° C. = 4·805. Das Stück war in dem Fuchse eines Puddelofens zu Bromford-Hütte gefunden, wo es wahrscheinlich lange Zeit hindurch einer hohen Temperatur ausgesetzt gewesen war. Die Zusammensetzung nähert sich ziemlich genau einem Singulosilicate von Eisenoxydul mit einem durch Sauerstoffaufnahme gebildeten Eisenoxydgehalte.

[1]) Hiervon wird später bei den Puddelzuschlägen die Rede sein.

No. V. ist ebenfalls von Percy analysirt. Das Stück wurde zu Bloomfield-Hütte bei Tipton in Süd-Staffordshire in einem Haufen Dörnerschlacke (*bull-dog*) gefunden. Es kam in grossen eisengrauen Krystallen vor, zu matt für Messungen mit dem Reflexionsgoniometer, aber hinreichend deutlich, um die Uebereinstimmung der Krystallformen mit No. IV. zu erkennen. Specifisches Gewicht bei 18·2° C. = 4·1885. Es zog die Magnetnadel stark an. Die Schlacke scheint ein Singulosilicat von Eisenoxydul gewesen zu sein, welches sich bei dem Röstprocess, dem sie unterlegen hatte, theilweise in Eisenoxyd umgewandelt hat, ist also als Pseudomorphose anzusehen.

No. VI., von unbekanntem Analytiker. Die Schlacke gelangte in die Hände von Dr. Percy von den Chillington-Eisenwerken bei Wolverhampton. Die Schlacke scheint eine Mischung von Eisenoxydul-Singulosilicat und Eisenoxydoxydul zu sein.

b. Kornpuddelschlacken.

Die Kornpuddelschlacken sind sehr ähnlich den Sehnepuddelschlacken.

	I.	II.
Kieselsäure	26·0	23·5
Eisenoxydul	55·9	66·0
Manganoxydul	10·5	8·4
Thonerde	6·8	3·3
Kalk	0·6	—
	99·8	101·2

Beide sind von Schnabel analysirt und stammen von der Lohehütte bei Siegen [1]).

No. I. hatte ein specifisches Gewicht von 3·643 und wurde bei Rohgang des Ofens producirt.

No. II. hatte ein specifisches Gewicht von 4·127 und wurde bei etwas Gargang producirt.

Beide nähern sich der Zusammensetzung:

$$Fe_2\,Si\,O_4 = 2\,Fe\,O, Si\,O_2,$$

d. h., einem Singulosilicate; genauer ist das Verhältniss des Sauerstoffs der Kieselsäure zu dem der Basen in I. = 16·69 : 14·95, in II. = 13·75 : 16·56. Es werden dafür sehr complicirte Formeln angegeben. Da indessen basischere Schlacken als Singulosilicate nicht vorkommen, so liegt die Vermuthung nahe, dass bei II. ein Theil des Eisens als Oxydoxydul vorhanden gewesen, aber nur als Oxydul berechnet worden sei.

Auf dem Stahlwerke Hombourg-haut bei St. Avold im Moselbezirke beobachtete B. Cosmann [2]) beim Stahlpuddeln die Entstehung von Schlackenkrystallen.

---

[1]) Kerl, Handbuch der Hüttenkunde 1861, Bd. I, S. 870. — [2]) Ann. d. Phys. u. Chemie 137 u. 138.

Der Puddelprocess wurde in gewöhnlicher Weise ausgeführt, nur sollte ein Zusatz von Schafhäutl'schem Pulver mit etwas dolomitischem Kalk vermengt zur besseren Reinigung des Eisens dienen.

Die krystallisirten Schlacken erzeugten sich in der dritten Periode, in welcher das Aufsteigen der Schlacke stattfindet, das geschmolzene Eisen in derselben in Klümpchen kreisend schwimmt und die Schlacke über die Arbeitsplatte reichlich aus dem Ofen fliesst. Durch ein gebogenes Eisenblech wird die Schlacke vor dem Ofen auf der Sohle angesammelt und in einem Blocke weggeschafft. In der innerlich noch weichen Masse bilden die eingeschlossenen Gase Höhlungen, deren Wände sich dann mit Krystallen von der bekannten Form des Eisenolivins überkleiden.

Cosmann giebt folgende Zusammensetzung an:

Metall	Fe	0·29	
	S	0·52	1·43 FeS
	Fe	0·91	
	P	0·72	3·31 Fe_4P
	Fe	2·59	
	FeO	2·76	5·99 ($Fe_3O_4 + Mn_3O_4$)
	Fe_2O_3	3·07	
	Mn_3O_4	0·16	
	Fe_2O_3	4·79	3·39 (3 MnO, PO_5)
	MnO	0·75	+ 2 (3 CaO, PO_5)[1]
	CaO	1·46	
	PO_5	1·48	
	SiO_2	24·04	80·20 (2 RO, SiO_2)[2]
	FeO	47·50	
	MnO	7·35	
	CaO	0·82	
	MgO	1·49	
		99·38	

Es ist hierbei angenommen, dass die Oxyde des Eisens und Mangans (Mn_3O_4) im Schlackenbade zusammenschmelzen können, Fe_4P nach Freese[3]) das eigentlich feuerbeständige Eisenphosphoret und das Eisenoxyd gleichwerthig mit den anderen Verbindungen sei, welche neben dem Silicat wohl als constituirende Bestandtheile der Schlacke auftreten, in den ausgebildeten Krystallen jedoch nur als Ausscheidungen zu betrachten sind.

Das Silicat enthält nach Cosmann:

SiO_2 . .	29·97	entsprechend der Formel 2 FeO, SiO_2[4])
FeO . .	57·98	
MnO . .	9·16	
CaO . .	1·03	
MgO . .	1·85	
	99·99	

---

[1]) = 3·39 $Mn_3P_2O_8$ + 2 ($Ca_3P_2O_8$). — [2]) R_2SiO_4. — [3]) Ann. d. Phys. u. Chem. Band 123, S. 255. — [4]) Fe_2SiO_4.

Cosmann zieht aus dieser Analyse nachstehende mit dem früher Erläuterten übereinstimmende Folgerungen:

a. Die Annahme, dass die Reinigung des eingeschmolzenen Eisens durch die Oxydation seiner fremden Bestandtheile, namentlich des Phosphors und Schwefels erfolge, ist in ihrer ganzen Ausdehnung nicht richtig, da die während der Hauptperiode des Frischprocesses aus dem Ofen geflossene Schlacke noch unzersetzte, nicht oxydirte Schwefel- und Phosphorverbindungen des Eisens enthält. Bei dem geringeren specifischen Gewicht derselben ($Fe\,S = 4·79$ und $Fe_4\,P = 5·74$) im Vergleiche zum Eisen werden sie als lechartiges Product von der Schlacke mit fortgerissen und später unter dem Hammer entfernt.

b. Nach Drassdo's Untersuchungen erreicht die Puddelschlacke ihre höchste, diejenige des Monosilicates übersteigende Silicirungsstufe zur Zeit des Garens, also in der Periode, aus welcher die analysirte Schlacke entnommen. Da diese aber ein Monosilicat ist, so giebt dies einen neuen Beleg für das durch Percy constatirte Bestreben der Eisensilicate sich zu der Stufe des Monosilicates wieder zu vereinigen.

c. Das Monosilicat des Eisenoxyduls vermag bei der ihm eigenthümlichen Beständigkeit und dem ihm zustehenden Schmelzgrade die vorhandene Quantität Eisenoxyduloxyd nicht in sich aufzunehmen, also kein Subsilicat damit zu bilden, sondern beide erstarren in den ihnen eigenthümlichen Krystallformen getrennt von einander.

Die Schlackenmenge.

Bereits bei der Beschreibung des Puddelprocesses ist darauf hingewiesen worden, dass überhaupt und namentlich beim Kornpuddeln die Menge der durch den chemischen Vorgang erzeugten Schlackenmenge nicht ausreiche und dass man daher noch fremde Schlacke zusetzen müsse.

Siemens berechnet, dass zu einem Satze von 210 Kg Roheisen ausser der zum chemischen Processe erforderlichen Schlackenmenge von etwas über 30 Kg, behufs Bildung einer hinreichenden Schlackendecke noch eine ebensogrosse Menge hinzugefügt werden müsse, während in der Praxis die Menge der Regel nach viel grösser genommen werde [1]).

Zu Königshütte in Oberschlesien hat man nach langjährigem Durchschnitte gefunden, dass sich $^1/_3$ des Gewichts der erzeugten Rohschienen an Schlacke bildet. Hier ist die Hälfte Schweissofenschlacke, welche insofern einen eigentlichen Zugang an Material bildet, als in ihr die aus dem Schweisssande aufgenommene Kieselsäure und der beim Schweissen

[1]) $Fe^3O^4 = 3 \times 28 + 4 \times 8 = 116$; $3\,Fe = 3 \times 28 = 84$, daher $\frac{116}{84} \times 46 = 63·5$ Gewichtstheile um 46 Pfd. = 23 Kg reducirtes Eisen zu erzeugen, welche der zur Oxydation erforderlichen Sauerstoffmenge entsprechen, dazu noch 60 Pfd. = 30 Kg, zusammen 123·5 Pfd. oder circa 62 Kg.

entstehende Eisenabgang zu der in dem Eisen noch enthaltenen, vom Puddelprocesse herrührenden Schlacke hinzutritt. Daher kommt es, dass der Puddelprocess die ganze Gewichtsmenge Schlacke, d. h. also $^1/_3$ des Gewichts an Rohschienen, an den Hochofen abgeben kann, da der durch mechanische Verluste entstehende Abgang an der gleichsam den eisernen Bestand bildenden Garschlacke durch die Schweissschlacke ersetzt wird.

Verwerthung der Schlacke.

Die Garschlacke, ergänzt von Schweissofenschlacke, bleibt soweit im Processe als zur Herstellung des erforderlichen Schlackenbades nothwendig ist, der Rest, sowie alle Rohschlacke geht zum Hochofen, nachdem sie an manchen Orten, wie z. B. in Süd-Staffordshire, einen bereits früher beschriebenen [1]) Saigerprocess durchgemacht hat. Wo dies nicht der Fall ist, geht der Phosphorgehalt ganz in das daraus erzeugte Roheisen und es kann daher im Laufe der Zeit eine wesentliche Verschlechterung der Roheisenbeschaffenheit eines Werks, ja eines ganzen Hüttendistricts eintreten. Man sollte daher von den technischen Schwierigkeiten ein erfolgreiches Aussaigern der Rohschlacken vor ihrer Verwendung im Hochofen vorzunehmen nicht zurückschrecken, da dieses Mittel bis jetzt das einzige bekannte ist, durch welches man in den Stand gesetzt wird, den Phosphorgehalt zwar nicht ganz aus dem Betriebe zu entfernen, wohl aber ihn wesentlich zu vermindern.

Die Zuschläge beim Puddeln.

Man hat vielfach versucht beim Puddeln des Roheisens Zuschläge anzuwenden, um dadurch entweder den Process zu beschleunigen, oder ihn zu verlangsamen, oder den Eisenabgang zu vermindern, oder endlich schädliche Bestandtheile abzuscheiden. Sehr oft glaubten die Erfinder dieser Mittel, die nicht selten unter dem Schleier grossen Geheimnisses angepriesen und häufig zu hohen Preisen verkauft wurden, mehrere der angegebenen Ziele gleichzeitig erreichen zu können.

Im Folgenden sind nur diejenigen ausführlicher angeführt, welche in ihrer Zusammensetzung nicht gänzlich gegen alle Grundsätze der Chemie verstossen.

---

[1]) Abthl. II, S. 573.

Eisenhaltige Mittel, welche zur Beschleunigung des Puddelprocesses dienen.

Garschlacke und Hammerschlag. Bereits bei der Beschreibung des in allgemein üblicher Weise ausgeführten Puddelprocesses sind die Zusätze von Garschlacke, Hammerschlag, Walzsinter, kurz allen von dem Processe selbst oder von der Weiterverarbeitung des Eisens herrührenden eisenoxydoxydulhaltigen Substanzen erwähnt worden. Sie gehören zu den Mitteln, welche eine Beschleunigung des Puddelprocesses bezwecken und erreichen, denn sie bringen diejenige Substanz, welche entkohlend auf das Eisen einwirkt, fertig gebildet in den Process, während ohne sie dieselbe Verbindung erst durch Oxydation vermittelst des atmosphärischen Sauerstoffs erzeugt werden muss. Es ist auch möglich den Puddelprocess mit eisenoxydoxydulhaltigen Substanzen ohne jeden Zutritt von atmosphärischer Luft auszuführen, praktisch geschieht dies aber beim Handpuddeln niemals. Am günstigsten wirken die Garschlacken, weil sie bei einer niedrigeren Temperatur schmelzen als die reinen Oxydoxydule und daher schneller eine energische Wirkung ausüben, auch stets als Lösungsmittel für ein von neuem gebildetes oder zugesetztes Eisenoxydoxydul dienen, sobald der ursprüngliche Gehalt daran durch Reduction erschöpft ist.

Eisenerz. In derselben Weise wie Hammerschlag wirkt das in den Erzen natürlich vorkommende Eisenoxydoxydul oder Eisenoxyd. Das erstere von beiden günstiger als das letztere wegen seines niedrigeren Schmelzpunktes, keines so gut wie Garschlacke.

Wollte man ein reines Eisenoxyd, z. B. Rotheisenstein oder gerösteten Brauneisenstein, mit einem gefeinten Roheisen verpuddeln, so würde der Gang aus Mangel an Kieselsäure so trocken werden, dass ein gutes Eisen nicht erzielt werden könnte. Besser gestaltet sich der Gang bei Zusatz reiner Erze zu einem grauen siliciumreichen Eisen, welches das hinreichende Material zur Schlackenbildung in sich enthält, ja man kann sogar durch Zusatz solcher Erze nicht unwesentlich an Zeit und Brennmaterial ersparen und den Eisenabgang vermindern.

Bei Verwendung von kieselsäurehaltigen Erzen geht stets eine der Kieselsäuremenge entsprechende Eisenmenge als Oxydul verloren, und sobald beide Stoffe bereits im Verhältnisse eines Singulosilicates vorhanden sind, fällt jeder Nutzen des Erzes als Oxydationsmittel fort; ist dagegen der Kieselsäuregehalt überwiegend, so ist damit noch ein weiterer Eisenverlust verbunden. Ein Mangangehalt der Erze verzögert die Entkohlung, ein Phosphor-, Schwefel- oder Kupfergehalt verschlechtert die Qualität des Eisens.

Eisenerze werden in drei Formen angewendet, entweder als Besatz für die Puddelofenränder, als Einträukung in das Roheisenbad und in Mischung mit dem Roheisen.

Die erste Form ist, wie dies bereits Seite 145 erörtert wurde, sehr häufig im Gebrauch. In England wird bei Bildung des Schlackenbodens Rotheisenerz von Cumberland [1]), ein sehr reines Eisenoxyd, in Stücken und als Mulm an die Herdeisen geschüttet und zwar theils vor Einbringung des Schlackenherdes, theils nach derselben und vor jeder neuen Hitze. Zu demselben Zwecke verwendet man auch die durch Extraction von Kupfer befreiten Rückstände des vorher zur Schwefelsäurefabrikation benutzten Schwefelkieses [2]).

In Schweden wird stark gerösteter Magneteisenstein, in Westfalen ein gerösteter Spatheisenstein, in Frankreich elbanischer oder algierischer Eisenglanz benutzt. Alle diese Materialien gelangen beim Puddeln selbst in innige Berührung mit dem Roheisen, geben ihren Sauerstoff, soweit er nicht in dem an Kieselsäure sich bindenden Eisenoxydul enthalten ist, zur Oxydation des Siliciums, Mangans und Kohlenstoffs desselben ab und erhöhen um eine dieser Sauerstoffmenge entsprechende Eisenmenge das Ausbringen.

Der Nutzen eines solchen Zuschlages in Bezug des Ausbringens tritt nur dann deutlich hervor, wenn man sehr reiche Erze verwenden kann, wie folgende Rechnung zeigt:

Vorausgesetzt ein Erz enthalte, wie die vorzüglichen Rotheisensteine von Cumberland, im Durchschnitt 6 Proc. Kieselsäure und 63·2 Proc. Eisen in der Form des Eisenoxyds, so werden zur Bildung von kieselsaurem Eisenoxydul [3]) 11·2 Proc. Eisen verbraucht, es kommen also vom Erze nur 52 Proc. Eisen als Zugang zum metallischen Eisen. Dieselben enthalten 22·3 Proc. Sauerstoff. Der letzte soll nur allein zur Oxydation eines 2 Proc. Silicium und 3 Proc. Kohlenstoff enthaltenden Roheisens verwendet werden, so erfordern die 2 Gewichtstheile Silicium zur Oxydation in Kieselsäure 2·3 Proc. Sauerstoff, das zugehörige ebenfalls zu oxydirende Eisen, 8 Gewichtstheile, nimmt 2·3 Gewichtstheile Sauerstoff in Anspruch, der Kohlenstoff 4 Gewichtstheile, zusammen also erfordern 100 Kg Roheisen 8·3 Gewichtstheile Sauerstoff. Da 100 Kg Erz 22·3 Proc. Sauerstoff zur Disposition stellen, kann man nicht mehr als 37·2 Kg Erz zuschlagen, man wird aber dann gegen ein Puddeln ohne Rotheisenerzzuschlag einen Mehrerfolg von 23·5 Kg Eisen erhalten.

Ganz anders stellt sich der Erfolg bei kieselsäurereichen und gleichzeitig eisenärmeren Erzen. Schon wenn ein Rotheisenerz nur Kieselsäure als Gangart im Betrage von 27·2 Proc. enthält, wird jeder Vortheil illusorisch. Denn wenn der Rest, = 72·8 Proc., auch reines Eisenoxyd wäre, so würde dieses als Oxydul, 65·5 Proc. Gewichtstheile, gerade jene 27·2 Proc. Kieselsäure aufnehmen, es würde also nicht das geringste Mehrausbringen erzielt.

---

[1]) Vergl. Abth. I, S. 281. — [2]) Vergl. Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XIX, S. 315. — [3]) $Fe_2 Si O_4$ = 54·9 Proc. Fe; 13·7 Proc. Si; 31·4 Proc. O; oder 29·4 Proc. $Si O_2$.

Die zweite Form der Erzanwendung ist die des Eintrags in das flüssige Roheisen. Wie bereits Seite 25 erörtert wurde, ist diese Methode beim Läutern im Hochofen, dem sogenannten Füttern, seit Alters bekannt gewesen, dort allerdings nicht behufs der Entkohlung, sondern der Feinung. Bei der Darstellung der Geschichte des Puddelns [1]) ist auch mehrfach die Anwendung der Erze bei der Entkohlung selbst erwähnt worden. Der Einsatz gewisser Mengen gepulverter oder an sich pulverförmiger Erze, wie z. B. des sogenannten Eisenrahms [2]), in das vollkommen geschmolzene Roheisen vor Beginn des Rührens ist denn auch sowohl in England wie in Deutschland mehrfach betriebsmässig eingeführt worden, hielt sich aber stets in engen Grenzen, bis Siemens 1868 [3]) von Neuem die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt lenkte, in der Absicht, das bisher als Nebenarbeit Ausgeführte zur Hauptsache zu machen, und zwar glaubte derselbe unter Anwendung der sehr hohe Temperaturen zulassenden Regeneratorfeuerung [4]) bessere Resultate zu erzielen, als bisher, ja schliesslich auf eine beinahe reine Rennarbeit zurückkommen zu können. Siemens wendete zuvörderst mehr oder minder stark reducirte Erze an, zu deren Reduction er sich entweder rotirender Retorten in der Art des Amerikaners Rogers [5]) bediente oder cylinderförmiger Kammern in der Art wie Renton, Clay und Andere [6]). Das reducirte Erz sollte ohne Abkühlung oder Gelegenheit zu erneuerter Oxydation in das Roheisenbad gelangen, welches sich in dem darunter gelegenen Ofen befand. Es ist leicht ersichtlich, dass in dieser einfachen Form der Process nur in sehr seltenen Fällen mit Erfolg Anwendung finden kann. Reines Eisenoxyd zu Eisen reducirt und dem Roheisenbade zugefügt giebt das, was später unter dem Namen Flussstahl genauer kennen gelehrt werden wird, d. h. ein Product, welches alle Bestandtheile des Roheisens dabei aber eine grössere Menge Eisen enthält. Auf den absolut gleichbleibenden Kohlenstoffgehalt bezogen wird demnach ein relativ kohlenstoffärmeres, d. h. also ein mehr oder weniger stahlartiges Product erhalten, vorausgesetzt, dass bei der Arbeit jeder oxydirende Einfluss der atmosphärischen Luft ausgeschlossen bleibt. Findet das letztere dagegen nicht statt, so wird eine Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs auf Silicium und Mangan eintreten und in der That, wenn sowohl ein hinreichend phosphor- und schwefelfreies Roheisen, als ein ebensolches Erz angewendet wurde, ein brauchbarer Stahl erhalten werden können.

Ganz anders gestaltet sich der Vorgang, sobald ein nicht reines, sondern durch Kieselsäure verunreinigtes Erz benutzt wird. Dann verlangt die allein nicht schmelzbare Kieselsäure zu ihrer Verschlackung eine entsprechende Menge Eisenoxydul, folglich einen Zutritt von Sauerstoff; steigt der Gehalt an Kieselsäure auf 27·2 Proc., dann ist man

---

[1]) S. 114. — [2]) Vergl. Abth. I, S. 272. — [3]) Vortrag vor der British Association, 7. Mai 1868. — [4]) Vergl. S. 178. — [5]) Vergl. Abth. I, S. 603. — [6]) Ebendas. S. 579.

wieder, wie oben auseinandergesetzt, in die Lage gekommen, keinen Vortheil mehr von dem Erzzusatze zu haben. Es wird das gesammte, vorher mit Zeit- und Kostenaufwand reducirte Eisen wieder oxydirt werden müssen und die vorausgehende Reduction kann nur schädlich wirken, da sie den Sauerstoff entzieht, welcher sonst durch Oxydation des Roheisens Nutzen bringen würde.

Zwischen diesen beiden extremen Fällen liegen zahlreiche Uebergänge, für welche der Vortheil mehr oder weniger deutlich hervortreten wird.

Siemens hat wohl selbst diese Theorie durch die Erfahrung bestätigt gefunden, denn in einem vor der Londoner Chemischen Gesellschaft am 20. März 1871 gehaltenen Vortrag über Gewinnung von Eisen und Stahl durch directes Verfahren [1]) giebt er als Grundzug des „Erz-Reductions-Verfahrens" an, dass dazu Roheisen und mehr oder weniger reducirte Erze zur Anwendung kommen müssen.

Er beschreibt die praktische Ausführung folgendermaassen: „Das Verfahren, welches hauptsächlich in den Landore Werken (in Südwales) angewendet wird, besteht darin, dass man auf das Bett eines stark vorgewärmten Regeneratorofens ungefähr 6 Tonnen Roheisen bringt. Wenn das Eisen geschmolzen ist, setzt man Eisenoxyd, welches womöglich zuvor mit solchen Zuschlägen von Kalk oder anderen Flussmitteln zusammengeschmolzen werden sollte, dass diese mit der in dem Erze und dem Roheisen enthaltenen Kieselerde eine flüssige Schlacke bilden können, oder auch rohe Erze, falls diese Kalk und Mangan enthalten, wie z. B. das afrikanische Moktaerz, hinzu. Wenn ungefähr 1500 Kg dieser Erze (unter Aufwallen) in dem metallischen Bade eingeschmolzen sind, wird man finden, dass eine genommene Probe nur ungefähr 1 Proc. Kohlenstoff enthält; diesen Zeitpunkt kann man sehr leicht an dem eigenthümlich glänzenden Bruch erkennen, welchen die Probe zeigt, wenn man sie in Wasser abschreckt und unter dem Hammer zerschlägt. Wenn der geeignete Punkt der Entkohlung erreicht ist, hört man mit dem Zusetzen von Erz auf und fügt dem Bade 8 bis 10 Proc. Spiegeleisen hinzu. Sobald letzteres durch Umrühren vollständig mit der Masse vermischt ist, kann man das Metall in eine auf Rädern ruhende Giesspfanne abstechen."

Dass der Vorgang hierbei vollkommen dem Frischen gleichkommt, zeigen folgende Proben:

---

[1]) Ueber Brennstoff und über Gewinnung von Eisen und Stahl durch directes Verfahren, Vorträge von Dr. C. William Siemens. Deutsche Ausgabe 1874.

Proben genommen	Proc. Gehalt von		
	Kohlenstoff	Silicium	Mangan
Beim Schmelzen des Eisens .	1·90	0·57	1·14
1 Stunde später	1·8	0·233	0·576
2 Stunden später	1·7	0·183	0·2
3 „ „	1·65	0·05	0·08
4 „ „	1·6	0	0
5 „ „	1·1	Silicium und Mangan vollständig ausgeschieden	
6 „ „	0·6		
7 „ „	0·2		

Schwefel und Phosphor sollen nach Siemens[1]) in beträchtlichem Grade oxydirt werden. Leider fehlen die Beweiszahlen, welche um so erwünschter gewesen wären, als die hohe Temperatur, welche angewendet wird und der voraussichtliche Mangel einer garen Schlacke einer Phosphoroxydation entgegen wirken müssen.

Siemens legt einen besonderen Werth darauf, dass kein Theil des im Roheisen enthaltenen Eisens oxydirt werde, da das zur Entkohlung angewendete Mittel Eisenoxyd sei. Dies ist indessen nur in beschränktem Maasse richtig, nämlich nur dann, wenn, vorausgesetzt das Erz bestehe aus Eisenoxyd und Kieselsäure, nach der Bildung einer Singulosilicatschlacke noch soviel freies Eisenoxyd vorhanden ist, dass sich aus ihm und dem im Roheisen vorhandenen Silicium abermals Singulosilicatschlacke bilden könne. Denn der theoretische Eisenverlust, welcher durch Verschlackung verloren geht, ist hier, wie beim Frischen, gerade so gross als zur Bildung einer Singulosilicatschlacke erforderlich ist, während das Eisenoxydoxydul, welches die Entkohlung bewirkt, nur der Träger des Sauerstoffs ist und stets durch Reduction wieder eine gleiche Menge Eisen liefert, wie zu seiner Bildung aufgewendet worden war.

Abgesehen von der beschränkten Anwendung, welche hiernach von vornherein dem Verfahren vorauszusagen war, fand Siemens bei der Ausführung auch noch zwei andere Schwierigkeiten: Bei der — wie gezeigt allerdings zum grössten Theil überflüssigen — Reduction der Erze, welche durch Generatorgase erfolgt, nahm das Eisen Schwefel auf und ferner schwamm das reducirte schwammartige Eisen auf dem Roheisenbade ohne schnell davon absorbirt zu werden und der Process theilte in Folge dessen den Nachtheil mit allen seinen Vorgängern, welche in der ersten Abtheilung[2]) ausführlich beschrieben wurden, dass sich das kaum reducirte Eisen von neuem oxydirte und verschlackte.

[1]) Op. cit. S. 40. — [2]) S. 574 u. f.

Als Folgerung ergiebt sich aus dem Angeführten: 1) Von Gangarten, namentlich Kieselsäure, freie Eisenerze können die Stelle des erst während des Puddelns gebildeten Eisenoxydoxyduls ersetzen. Man erspart bei ihrer Anwendung daher den Hochofenprocess für den entsprechenden Eisengehalt, welcher dem ausgebrachten schmiedbaren Eisen direct hinzutritt. 2) Die bei Oxydation des Siliciums, Mangans und eines Theils Eisen aus dem Roheisen durch Luft entwickelte Wärme geht zum grössten Theil durch die zur Reduction des natürlichen Eisenoxydes verbrauchte Wärme wieder verloren. Der durch Ersparung des Hochofenprocesses gewonnene Brennmaterialaufwand verringert sich dadurch wesentlich. 3) Je mehr Gangarten, namentlich Kieselsäure, die Erze enthalten, um so weniger Vortheil kann durch ihren Zusatz beim Puddeln erzielt werden und bei einem Gehalt von circa 27 Proc. tritt bereits ein Nachtheil in Folge unnöthig vermehrter Schlackenmenge, darüber hinaus ausserdem ein Verlust durch Eisenverschlackung ein. 4) Durch Phosphor und Schwefel verunreinigte Erze sind ganz unbrauchbar. 5) Eine vorgängige Reduction des Eisens in den Erzen hat nur dann einen Sinn, wenn eine erneute Oxydation verhindert werden kann, d. h. unter vollkommenem Luftabschluss gearbeitet wird, was in grossem Maasstabe bisher unausführbar geblieben ist.

Zu erwähnen ist noch ein Vorschlag von J. Anderson[1]), wonach das zu reinigende Roheisen durch einen mit Erz (Eisenoxyd) gefüllten Ofenschacht fliessen soll. Kohle, Phosphor, Schwefel und Silicium sollen sich dabei oxydiren und die nicht flüchtigen Oxyde als schwer schmelzbare Dörner zurückbleiben. Das zu Boden gesunkene Roheisen soll hierauf beim Durchgehen durch einen zweiten, aber mit Koks gefüllten Schacht von neuem gekohlt und, wenn nöthig, nochmals dem ersten Processe unterworfen werden.

Das Verfahren erscheint praktisch unbrauchbar, da, selbst die anfängliche Wirksamkeit des Eisenoxydes in dem Schachtofen vorausgesetzt, sich dasselbe schnell mit einer Schlackenkruste bedecken wird, welche jede weitere Einwirkung aufhebt.

Die dritte Art der Anwendung der Erze in inniger Mischung mit dem Roheisen vor dem Einsetzen des letzteren in den Puddelofen ist als eine Vorbereitungsarbeit anzusehen und demgemäss auch bereits S. 44 u. f. besprochen. Eine Fortführung derselben Arbeit bis zu vollkommener Entkohlung hat indessen neuerdings wieder Bodmer[2]) vorgeschlagen. Nach ihm soll flüssiges Roheisen zwischen Walzen zerkleinert, innig mit Oxyden gemischt und in einem Ofen einer Flamme entgegen durch zahlreiche Walzenpaare gelangen, bis es als Schmiedeisen am Fusse des

[1]) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1873, S. 684. — [2]) Wagner's Jahresbericht über die chemische Technologie 1872, S. 81.

Ofens anlangt. Das Ganze ist als eine Erfindung ohne jeden praktischen Werth zu betrachten [1]).

Eisenfreie Mittel, welche zur Beschleunigung des Puddelprocesses dienen.

Salpeter. Man hat versucht, die Oxydation durch salpetersaure Alkalien, namentlich das billigste Salz, den rohen Natronsalpeter, zu beschleunigen, von der Voraussetzung ausgehend, dass das salpetersaure Natron circa 47 Proc. seines Gewichts an Sauerstoff abgeben könne, während Eisenoxyd nur 30, Manganbioxyd 40 Proc. zu liefern im Stande sei. Man hat indessen dabei vergessen, dass die leichte Zersetzbarkeit des Salpeters diese Wirksamkeit zum grössten Theile wieder aufhebt, bei der energischen Entwickelung der Gase durch Erhitzung die Zeit der Einwirkung auf das Roheisen viel zu kurz wird und der grösste Theil ungenützt in die Esse gelangt.

Ein Vortheil wird nur durch die Bildung einer alkalihaltigen, daher leichtflüssigen Schlacke in dem Falle erzielt, in welchem die Entkohlung des Roheisens verzögert werden soll.

Viele Frischprocesse mit Salpeter sind vorgeschlagen worden, namentlich von Heaton und Hargreaves. Zum Theil schliessen sich dieselben an das Bessemern an und werden dort ausführlicher behandelt werden. Alle Versuche mit Salpeter im Puddelofen zu frischen sind ohne Erfolg geblieben. Waren auch die chemischen Resultate oft nicht ungünstig ausgefallen, so doch stets die ökonomischen.

Der Zusatz von Salpeter im Puddelofen ist auf zwei Weisen ausgeführt worden. Entweder wurde das flüssige Roheisen auf eine aus Salpeter gebildete Sohle oder Schicht geleitet oder es wurden kleinere Mengen von Salpeter nach und nach in das flüssige Roheisenbad gebracht. Das letzte Verfahren ist entschieden das bessere, weil es eine langsamere Zersetzung und daher länger andauernde Einwirkung der entwickelten Gase gestattet, während im ersten Falle die oft mit explosionsähnlichen Erscheinungen begleitete plötzliche Reaction eine so grosse Menge unzersetzter Gase in die Esse führt, dass ein kaum nennenswerther Theil zur Wirkung kommt.

Hargreaves giebt folgendes Verfahren an [2]): 1 Gewichtstheil Salpeter wird mit 3 Gewichtstheilen gemahlenem Rotheisenstein gemischt, das Gemisch zu Bällen oder Stücken geknetet, am Ende eiserner Stäbe befestigt, daran stark getrocknet und so in das flüssige Roheisenbad

---

[1]) Aehnlich unpraktisch dürfte das nach dem Journal of the Iron and Steel Institute, 1873, Vol. I, No. 20 beschriebene Verfahren sein, wonach das aus einem Kupolofen tropfenweis ausschmelzende Roheisen durch einen heissen Windstrom gefrischt werden soll. — [2]) Mechan. Magazine, 1868, erste Hälfte, S. 31.

eingetaucht. Zu einem Satze von circa 240 Kg Roheisen sollen 16 Kg dieser Mischung mit oder ohne Zusatz von Manganbioxyd genommen werden.

Nach Heaton's Vorschlag wurde der Puddelofenboden mit Salpeter bedeckt und dieser festgestampft, oder es wurde ein aus durchlochten Blechplatten hergestellter und mit Salpeter gefüllter Kasten in den Ofen gesetzt und in beiden Fällen der Ofen mit flüssigem Roheisen beschickt. Ist auch in dieser Richtung ein ökonomischer Erfolg nicht erzielt worden, so sind doch die Versuche interessant, weil sie in der That die Möglichkeit lehren, ein besseres, d. h. phosphorfreieres Eisen zu erzeugen, als ohne Salpeter. Fragt man aber nach dem Grunde, so liegt dieser entschieden nicht in der lebhafteren Oxydation, sondern lediglich in der grösseren Flüssigkeit der natronhaltigen Schlacke, welche bei ihrer Aussaigerung einen bedeutenderen Theil des noch zurückgebliebenen Phosphorgehalts mitnimmt, als eine alkalifreie und daher strengflüssigere gewöhnliche Garschlacke.

Die Ausführung des Processes, wie ihn Heaton selbst einrichtete, geschieht in Gefässen, welche nach Art der Bessemerbirnen construirt sind, wird daher beim Bessemern eingehender beschrieben werden, musste indessen schon hier Erwähnung finden, da anderwärts, namentlich in Deutschland, gleichartige Versuche im gewöhnlichen Puddelofen durchgeführt worden sind.

Comprimirte Luft. Wenn an Stelle des beim Puddeln in die Furchen dringenden Luftquantums gewöhnlicher atmosphärischer Spannung ein gleiches Volumen comprimirter Luft angewendet wird, muss die Oxydation schneller verlaufen. Von dieser Thatsache soll bereits in den 40ger Jahren Reuben Plant Anwendung gemacht haben, und ein ähnlicher Process ist später mehrfach, auch z. B. zu Dowlais und Cwm Avon in Südwales [1]), versucht, aber überall wieder aufgegeben worden, namentlich als er schliesslich durch den Bessemerprocess in weit vollkommener Weise ersetzt wurde.

Nur in einer Form hat sich die Methode auf einigen Werken erhalten. Dieselbe ist von Richardson, dem früheren Socius von Plant, erdacht worden und wird folgendermaassen ausgeführt:

Der Gebläsewind, welcher der Regel nach 0·25 bis 0·33 Kg pr. qcm Pressung hat, gelangt durch die Rührkrücke oder Kratze in das Roheisenbad. Die Kratze erhielt anfänglich ein von drei Kanälen durchbohrtes umgebogenes Stück von der gewöhnlichen Form und bestand im Uebrigen aus einem mit beweglichem Handgriff versehenen Rohre, welches mit der Windleitung durch einen Gummi- oder Hanfschlauch verbunden war. Die Schwierigkeit der Herstellung dieser Krücken und ihr schneller Verbrauch führte zu zwei Modificationen, deren eine auf der

[1]) Conf. Revue univers 13. année, t. 25 und 26, S. 438, und Kerpely, Fortschritte 1870, S. 259.

Anwendung eines einfach gekrümmten Rohres beruhte, welches behufs besserer Durcharbeitung des Eisenbades mit zwei flügelförmigen Ansätzen versehen war, während nach der anderen das Luftzuführungsrohr feststehend durch das Gewölbe des Ofens senkrecht in das Eisenbad geleitet ward und zum Rühren eine gewöhnliche Krücke oder Brechstange benutzt wurde [1]). Der Process war versuchsweise eingeführt zu Jarrow (Palmer & Co.), zu Parkhead und zu Glasgowhütte bei Glasgow.

Bedenkt man, dass an sich der Bessemerprocess dasselbe Mittel der Oxydation in weit vollkommenerer Form benutzt, so ist nicht abzusehen, warum man bei dieser unvollkommenen Operation stehen bleiben soll, welcher sich wegen der schnellen Abkühlung und dem baldigen Erstarren des Eisens unendlich viele technische Schwierigkeiten in den Weg setzen.

Der Erfinder versprach sich von seiner Methode grosse Vortheile — welcher Erfinder thut das nicht! — besonders auch in Bezug auf Abscheidung von Phosphor und Schwefel.

In der That ergiebt sich aber aus der Natur des Processes, dass derselbe hinsichtlich der Abscheidung von Phosphor und Schwefel die Mitte zwischen dem Puddel- und dem Bessemerprocesse halten muss. Die auch durch ein sehr lebhaftes Funkensprühen charakterisirte, heisse Rohfrischperiode muss wie beim Bessemern einer Abscheidung von Phosphor entschieden entgegen wirken, die Möglichkeit, wie beim gewöhnlichen Puddeln die Luppen nachher auszusaigern, hebt diesen Nachtheil in einem gewissen Grade wieder auf. Nach alle dem ist es nicht wahrscheinlich, dass sich dieser oder ein ähnlicher Process jemals allgemeinen Eingang in die Praxis verschaffen werde.

Wasserdampf. Richardson schlug vor, durch das vorher beschriebene verticale Rohr abwechselnd oder gemischt mit comprimirter atmosphärischer Luft Wasserdampf zuzuführen.

Dass auch Wasserdampf keinen besseren Erfolg verspricht, da durch ihn Phosphor nicht verflüchtigt wird, und ausserdem nur eine starke Abkühlung, also ein höherer Brennmaterialverbrauch stattfindet, ist schon früher erörtert worden [2]). Es möge nur noch angeführt werden, dass Deville bei seinen Untersuchungen über den Einfluss des Wasserdampfes auf Eisen das wichtige Resultat fand, dass das Eisen, je höher seine Temperatur ist, um so weniger Wasser zersetzt. Die Versuche wurden nur bis zu 1600 Grad C. fortgesetzt, lassen aber darauf schliessen, dass schon innerhalb der im Puddelofen erreichbaren Temperaturen überhaupt gar keine Wasserzersetzung mehr stattfinde [3]) und also alle Versuche, durch Wasserdampf das Eisen zu reinigen, vergeblich sein müssen.

Geschichtlich ist anzuführen, dass auch Reuben Plant 1849 schon

---

[1]) Vergl. Mechanics Magaz. Febr. S. 330 und Septbr. S. 173. — Dingl. Pol. Journ. Bd. 188, S. 41 und Bd. 190, S. 211 — Kerpely, Fortschritte 1868, S. 188. — [2]) Vergl. S. 41. — [3]) Compt. rend. LXX, p. 1105 und 1201.

vorschlug, Wasserdampf in das Eisen zu leiten [1]), dass ferner Nasmyth [2]) bereits 1854 ein Patent auf die Anwendung von Wasserdampf beim Puddeln nahm.

Der Letztere wollte Luft oder Wasserdampf durch ein gebogenes Rohr unter die Oberfläche des im Puddelofen eingeschmolzenen Eisenbades führen [3]).

1869 schlugen Galy Cazalat und Sabatier vor, Wasserdampf zur Entkohlung des Eisens anzuwenden [4]). Der Erstere glaubte irrthümlicher Weise dadurch ausser Kohlenstoff und Silicium auch Phosphor und Arsen abscheiden zu können und ein unreines Eisen leicht in einen brauchbaren Stahl zu verwandeln [5]).

1870 endlich hofften Bacon und Groves dadurch Erfolg zu erzielen, dass sie das vorher im Kupolofen eingeschmolzene Roheisen durch Anprall gegen eiserne Platten zertheilten und demselben einen Dampfstrahl entgegenleiteten [6]).

Mittel zur Verminderung des Eisenabgangs.

Die Wirkung des Kalkes als Verdrängungsmittels von Eisen aus einem Silicate ist längst bekannt und auf dieser Erfahrung beruht die Darstellung des Roheisens bei eisenfreier Schlacke. Beim Feinprocesse im Flammofen hat man den Kalk zu demselben Zweck angewendet und weiter oben (Seite 40) wurde bereits die Nützlichkeit eines Kalkzusatzes zur Verringerung des Eisenverlustes bei diesem Processe angegeben.

Es entsteht die Frage, ob dieselbe Wirkung bei der Entkohlung des Eisens zu erreichen ist.

Kalk. Kalkstein ist mehrfach als Besetzungsmittel für die Puddelofenränder benutzt worden, aber man hat allgemein eine Verschlechterung des erzeugten Eisens wahrgenommen, welches faulbrüchig (unganz) wird.

Gibbons, ein erfahrener Puddler, glaubt zwar, dass bei der Besetzung der Ofenränder mit einer Mischung von Kalkstein und Eisenerz oder gerösteter Puddelschlacke und alleiniger Benutzung des Kalksteins an den heissesten Ofentheilen, z. B. an der Feuerbrücke, kein Nachtheil entstehe, ja sogar ein erhöhtes Ausbringen und eine grössere Festigkeit des Eisens erzielt werden könne, und dasselbe führt merkwürdiger Weise Karsten [7]) für den Herdfrischprocess an, indem er sagt: „Zuschläge werden bei der Frischarbeit eigentlich nicht angewendet. Nur

[1]) Abridgements 1858, II, S. 100, Patent 1849, 18 Juli. — [2]) Patent vom 4. Mai 1854, Dingler's Polyt. Journal 1855, S. 349. — [3]) London Journal of arts 1855, März p. 158. — [4]) Zeitschrift deutscher Ingenieure Bd. VII, S. 64 und Berg- und Hüttenm. Zeitung 1869, S. 180. — [5]) Compt. Rend. T. LV, p. 353. [6]) Polytechnisches Centralblatt 1870, S. 824. — [7]) Eisenhüttenkunde IV, S. 51.

kaltbrüchiges Eisen sucht man durch einen Zuschlag von 2 bis 10 Proc. fein gepochtem Kalk zu verbessern. Wirklich ist reiner Kalkstein ein gutes Verbesserungsmittel für das Eisen, welches Schwefel oder Phosphor enthält... Der Kalk muss gleich vor erfolgtem Einschmelzen zugesetzt werden."

Ein anderer Praktiker, Arkinstall, behauptet gerade das Gegentheil und meint, dass das in Oefen, deren Ränder mit Kalkstein ausgesetzt sind, gepuddelte Eisen stets roth- oder faulbrüchig, oft gänzlich unbrauchbar werde, weil die Schlacke zu dickflüssig ausfalle. Dasselbe berichtet Percy von Versuchen zu Cyfarthfa in Südwales [1]). Die Praxis, zum Besatz der Puddelofenränder nur quarzige, niemals kalkige Rotheisensteine anzuwenden, spricht ebenfalls für den nachtheiligen Einfluss des Kalkes. Auch weiss man, dass Kalksteine, Grün- und Schalsteine, wohl auch Magnesite, sich zum Materiale der Gewölbe und Wände im Puddelofen schlechter bewähren, als Ziegeln von feuerfestem Thon oder Quarz, weniger etwa wegen der leichteren Zerstörbarkeit, als wegen der bei der unvermeidlichen Verschlackung entstehenden Verschlechterung des Eisens.

Der Grund für diese Erscheinung kann nicht in der Aufnahme von Calcium oder Magnesium in das Eisen gesucht werden, denn die Bedingungen für die Reduction dieser Stoffe sind äusserst ungünstig. Vielmehr ist die Ursache lediglich in derjenigen Eigenschaft der Kalkerde zu suchen, welche Veranlassung zu ihrer Benutzung gegeben hat. Eine kalkerdehaltige Schlacke nämlich ist sehr schwer schmelzbar und ferner nicht geeignet Eisenoxydoxydul zu lösen. Sie wirkt daher auch nicht entkohlend. Während sie demgemäss beim Hochofenprocesse, wo das Eisen gekohlt wird, nur vortheilhaft, beim Feinen, wo der Kohlenstoffgehalt unberührt bleibt, nicht unnütz ist, wirkt sie beim eigentlichen Frischprocesse entschieden nachtheilig. Sie verzögert die Entkohlung und befördert schliesslich ein Gemenge von Eisen und Schlacke, welches schwer von einander zu trennen ist und daher ein faulbrüchiges Eisen giebt, welches erst durch mehrfache Schweissarbeiten, bei denen allmälig der Kalkgehalt fortgeschafft und durch Eisengehalt ersetzt wird, verbessert werden kann.

Aus diesem Grunde sind auch alle Versuche missglückt, bei der Verwendung roher oder reducirter Erze in Verbindung mit dem Puddelprocesse dadurch ein erhöhtes Eisenausbringen zu erzielen, dass man diesen Erzen zur Verschlackung der Kieselsäure Kalkerde oder Magnesia zuschlug, oder kieselsäurehaltige mit kalk- oder magnesiahaltigen Erzen gattirte.

Siemens'sche Niederschlagsarbeit. Die Versuche in dieser letzten Richtung brachten W. Siemens auf ein Verfahren, welches am besten hier ausführlichere Erwähnung finden wird.

---

[1]) Percy, Iron, 669.

Er wendet zu demselben einen, dem rotirenden Puddelofen von Sellers nachgebildeten Apparat an, welcher in den Figuren 94 bis 98

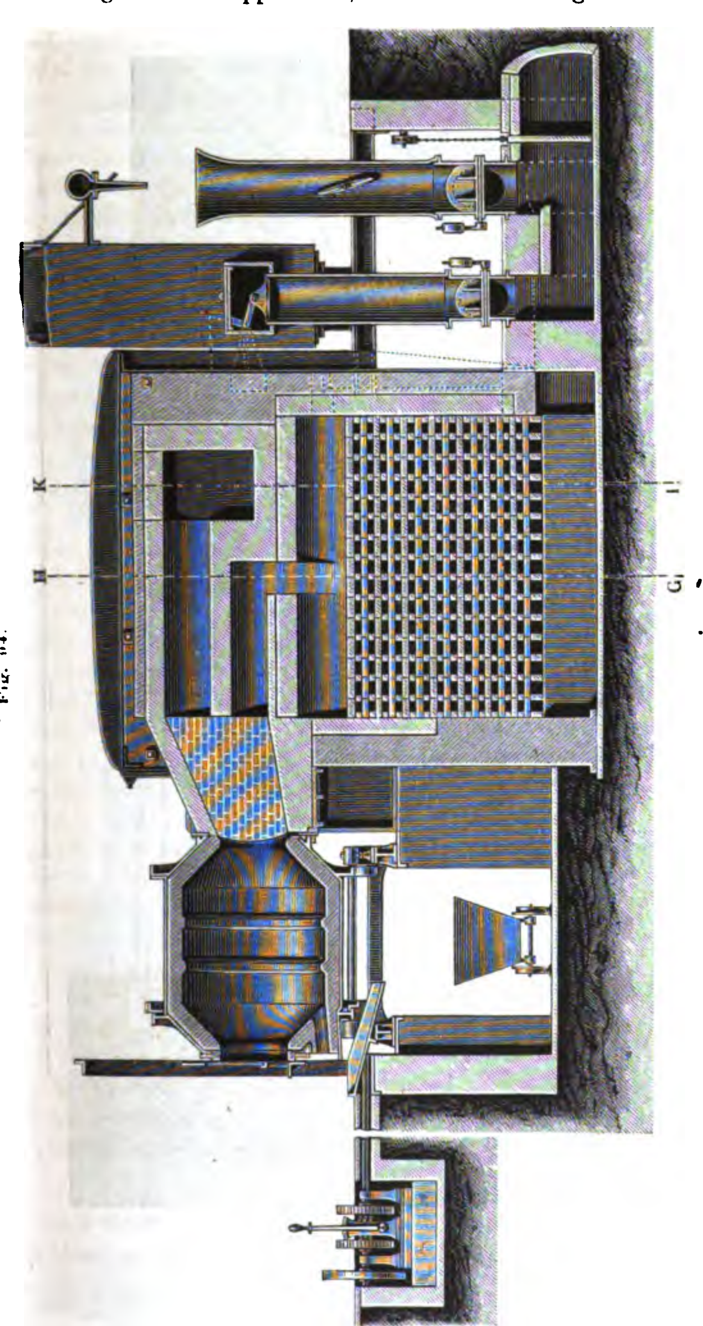


Fig. 94.

Siemens' Ofen. Verticalschnitt nach *A B* (Fig. 95).

abgebildet ist. Fig. 94 (a. v. S.) stellt einen Verticalschnitt, Fig. 95 einen

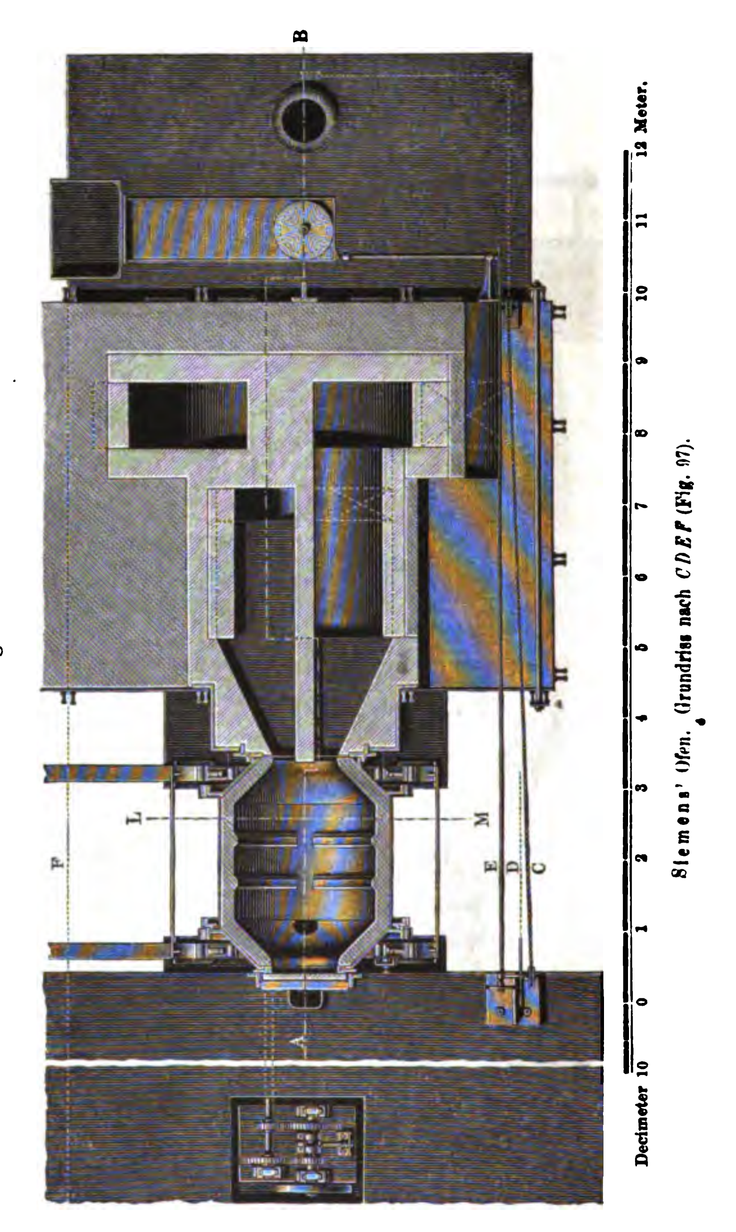
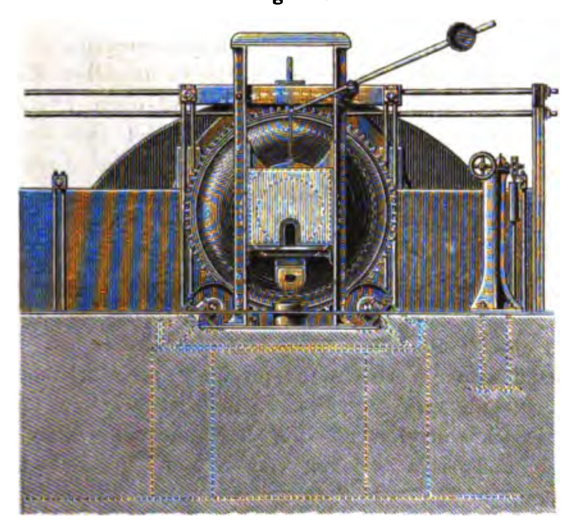


Fig. 95.

Siemens' Ofen. Grundriss nach *CDEF* (Fig. 97).

Grundriss, Fig. 96 die vordere Ansicht, Fig. 97 einen Querschnitt dar.

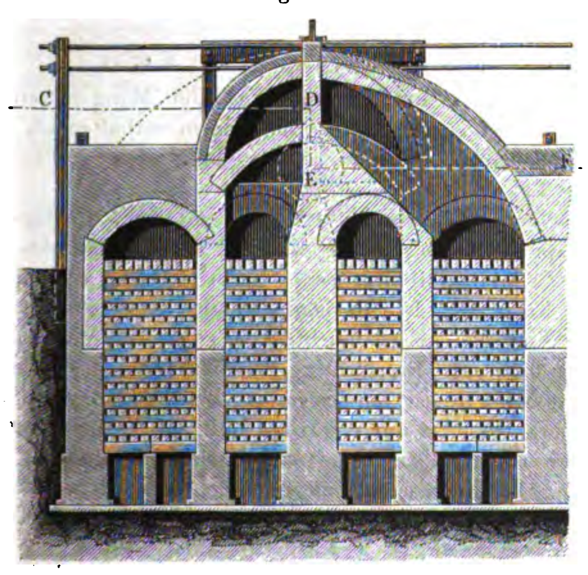
Fig. 96.



Siemens' Ofen. Vordere Ansicht.



Fig. 97.



Siemens' Ofen. Querschnitt nach GH und IK (Fig. 94.)

Der Ofen ist ein mit vier Regeneratoren versehener Flammofen. Der den Herd umschliessende rotirende Cylinder besteht aus Eisen, ruht

auf vier Rollen und wird vermittelst eines Zahngetriebes bewegt. Seine Umdrehungszahl kann zwischen 4 und 80 in der Stunde schwanken. Er ist circa 2·8 m lang und hat einen Durchmesser von 2·35 m; er enthält ein Futter aus Bauxit oder reinem Rotheisenstein, welches eingeschmolzen und an der Oberfläche durch Stücke desselben Materials oder von Chromeisenstein rauh gehalten wird [1]) und circa 18 cm Stärke besitzt. Nahe unterhalb der Einsatzöffnung befindet sich eine halsartige Verlängerung, wie Fig. 94 zeigt, aus der die Schlacke in eine unter dem Cylinder befindliche Grube abgestochen werden kann. An den beiden abgestumpft-konischen Enden des Cylinders befinden sich weitere Oeffnungen, deren eine an der Seite der Feuerung zum Einströmen der vorgewärmten Luft und Gase und als Abzug für die Verbrennungsproducte dient, während die andere zum Einsetzen und Entleeren des Ofens benutzt wird und mit einer einfachen Schiebethür verschlossen ist. Da Ein- und Ausströmungskanal der Verbrennungsproducte nur durch eine verticale Scheidewand getrennt sind, wie Fig. 95 deutlich zeigt, so muss das Gas mit starkem Druck eintreten, um den Ofen ganz zu erfüllen.

Die Erze, welche in Stücken von Erbsen- bis Bohnengrösse Anwendung finden, werden mit Kalk (oder anderen Flussmitteln) in dem Verhältnisse gemöllert, dass die Gangarten damit ein Bisilicat nach der Formel

$$\left.\begin{matrix} Ca_3 \\ Al \end{matrix}\right\} Si_6 O_{18} \text{ }^{2})$$

oder

$$3 (Ca O, Si O_2) + Al_2 O_3, 3 Si O_2$$

bilden, wobei Calcium durch Magnesium oder Mangan vertreten sein kann, während übrigens auch stets Eisen darin enthalten ist, so dass die abgestochene Schlacke in der Wirklichkeit mindestens 15 Proc., zuweilen sogar bis 40 Proc. Eisen besass.

Die Mischung von circa 1000 Kg Erz mit den Zuschlägen wird in den angeheizten Ofen eingetragen, während derselbe langsam rotirt. Ist das Gemenge nach circa 40 Minuten zu heller Rothglut erhitzt, so werden 250 bis 300 Kg Kohlenklein in möglichst gleichmässigen, keinesfalls die Grösse einer Nuss übersteigenden Stücken zugesetzt, während der Ofen sich schneller umdreht. Eine heftige Reaction tritt ein; aus der schmelzenden Masse wird Eisen niedergeschlagen; Kohlenoxydgas entwickelt sich und es braucht jetzt nur erwärmte Luft zur Verbrennung desselben zugeführt zu werden, während das Generatorgas beinahe ganz abgesperrt werden kann. Ist die Eisenfällung vollendet, so wird der Ofen angehalten, die Schlacke abgestochen und bei nun folgender schneller Umdre-

[1]) Das Bauxitfutter wird aus Ziegeln hergestellt, welche aus einer Mischung von zermahlenem Bauxit (mit 53·62 Proc. Thonerde, 42·26 Proc. Eisenoxyd und 4·12 Proc. Kieselsäure) im gebrannten Zustande mit 3 Proc. feuerfestem Thon und 6 Proc. Grafit bestehen. Die Fugen werden durch geschmolzenen Hammerschlag gedichtet. — [2]) Typus $H_2 Si O_3 = H_{12} Si_6 O_{18}$.

hung das Eisen geschweisst. Die dabei gebildeten zwei bis drei Luppen kommen aus dem Ofen zum Zängen, Walzen u. s. w. Die Arbeitszeit einer Hitze beträgt selten mehr als zwei Stunden und liefert im Durchschnitt 500 Kg Eisen.

Wenn dieser Process, wie zahlreiche von Siemens mitgetheilte Beispiele zu beweisen scheinen, wirklich ausführbar ist und zwar mit verhältnissmässig günstigen ökonomischen Erfolgen, so kann dies nicht etwa bloss der Anwendung sehr reicher und reiner Eisenerze zugeschrieben werden; denn wenn auch die besten Resultate bei Verwendung der Erze von Mokta [1]) gewonnen wurden, so gaben doch auch viel schlechtere Erze aus Westfalen, Cleveland und von anderen Orten, welche verarbeitet wurden, hinreichend gute Resultate. Zudem soll nach Siemens' Angaben das Eisen besser ausfallen als beim gewöhnlichen Puddeln, weil Phosphor und Schwefel in reichlicherem Maasse abgeschieden werden oder vielmehr unreducirt bleiben.

Siemens berechnet nun, dass der Process wesentliche Vortheile in Bezug auf Brennmaterialersparnisse gegen den vereinigten Hochofen- und Puddelprocess liefern müsse, weil die durch die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd im Hochofen verbrauchte Wärme gewonnen und ein Ueberschuss an Wärme durch Verbrennung des gebildeten Kohlenoxydes erreicht, weil ferner ausserdem das beim Puddeln sonst verbrauchte Brennmaterial gänzlich erspart werde. Derselbe kommt zu dem Resultate, dass sich eine Tonne Eisen von 1000 Kg aus Rotheisenstein mit einem theoretischen Aufwande von 320 Kg Kohlenstoff oder 400 Kg Steinkohle herstellen lasse und dass in der Praxis unter Anrechnung der durch unvollkommene Verbrennung, Strahlung und Leitung verloren gehende Wärme 1250 Kg Kohle für denselben Zweck genügen würden [2]).

Das Wesentlichste bei dem Siemens'schen Processe, was als eine ganz neue Idee allen Vorgängen gegenüber hervorgehoben zu werden

[1]) Dieselben enthielten:

Eisenoxyd	79·74	Proc.	} = 60·8 Proc. Eisen,
Eisenoxydul	6·43	„	
Manganoxydoxydul	2·92	„	
Kalkerde	0·52	„	
Magnesia	0·25	„	
Kieselsäure	4·75	„	
Flüchtige Bestandtheile	5·11	„	
	99·72		

und lieferten in 32 Sätzen in Form von 7168 Kg Erz, 2976 Kg Kohle und 80 Kg Kalk, 4057·5 Kg oder 56·6 Proc. Eisen in Luppenform.

[2]) Die seitdem bei verschiedenen Versuchen, namentlich mit ungarischen Erzen (Berg- u. hüttenm. Zeit. 1874 Nr. 41 u. 42) gewonnenen Resultate sind sehr ungünstig ausgefallen. Kerpely fand die Producte von sehr schlechter Beschaffenheit, faul und rothbrüchig, in Folge von eingemengten Eisenoxyden und Koksrückständen, sowie von einem hohen Siliciumgehalte. Vergl. diese und neuere Mittheilungen weiter unten bei Erzstahlerzeugung.

verdient [1]), ist das Niederschlagen des Eisens in fester Form aus dem durch Verschlackung in den flüssigen Aggregatzustand übergeführten Erze.

Wenn auch die Voraussetzung einer so grossen Brennmaterialersparniss nicht zutreffen und das Verfahren daher auch nicht einmal für Gegenden, die aus Mangel an guten für den Hochofenbetrieb geeigneten Brennstoffen mehr auf einen Flammofenbetrieb angewiesen sind, in der von Siemens angegebenen Weise ausführbar erscheinen sollte, so ist doch die demselben zu Grunde liegende Idee werth, in jeder Weise weiter verfolgt zu werden. Wahrscheinlich wäre es besser, die Schmelzung der Erze ohne Reduction in dem für eine Ausnutzung der Wärme günstigeren Schachtofen, an Stelle des stets mit starker Wärmeausstrahlung verbundenen Flammofens und besonders der rotirenden Art desselben, vorzunehmen und das Fällen des Eisens dann erst im rotirenden Flammofen oder den Bessemerbirnen ähnlichen Gefässen durch Kohlenstaub oder kohlenstoffhaltige Gase ausuführen. Jedenfalls wird der Erfolg davon abhängen, dass es gelingt, bei dem Verfahren eine ganz oder beinahe eisenfreie Schlacke zu erhalten; denn gegenwärtig liegt hierin der Hauptvorzug des combinirten Hochofen- und Puddelprocesses, dass die Gangarten in eisenfreier Schlacke abgeschieden und nur für die Verschlackung der geringen Menge im Roheisen enthaltenen Siliciums Eisen verbraucht wird, während alle Processe, welche die Gangarten unter Zuhülfenahme von Eisen verschlacken, gerade in Folge des damit verbundenen grossen Verlustes nur für sehr reiche und hauptsächlich ausser dem oxydirten Eisen nur Kieselsäure enthaltende Erze geeignet erscheinen. Die Erzeugung einer solchen eisenfreien Schlacke scheint unter den von Siemens angegebenen Verhältnissen nicht ausführbar. Siemens beschickt auf eine Bisilicatschlacke und es ist erklärlich, dass sich soviel Eisen dazu verschlackt, um eine Singulosilicatschlacke zu geben. Die Beschickung auf eine Singulosilicatschlacke von vornherein dürfte unumgänglich nöthig sein.

Bauxit. Eine gleiche Wirksamkeit wie Kalkerde muss Thonerde haben; ein Zuschlag von geröstetem Bauxit [2]) oder ein Ausfüttern des Ofens damit wirkt daher ebenfalls gegen den Eisenabgang. Ein reines Thonerdesilicat ist indessen so schwer schmelzbar, dass es sich nur in Verbindung mit einer ziemlich bedeutenden Menge Eisen, welche verschlackt werden muss, in den flüssigen Aggregatzustand überführen lässt. Im Uebrigen gilt alles von den Kalkzuschlägen Gesagte auch hier. Günstiger als Thonerde oder Kalkerde allein muss die leichtschmelzbarere Combination von Kalk- und Thonerde mit Kieselsäure wirken.

---

[1]) Vergl. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XXII, Abth. C, S. 22. — [2]) Vergl. S. 272 und Abth. I, S. 310.

Mittel zur Verzögerung der Entkohlung.

Die Mittel zur Verzögerung der Entkohlung können dreierlei Art sein. Sie führen entweder Kieselsäure zu, bewirken dadurch den Uebergang des Singulosilicats in ein Bisilicat und verlängern gewissermaassen die Feinperiode oder führen einen dieser analogen Vorgang von neuem herbei, oder sie machen die Schlacke dünnflüssiger und dadurch mehr geeignet, jedes einzelne Eisentheilchen vor dem oxydirenden Einflusse der Luft zu schützen und eine vollständigere Trennung von Schlacke und Eisen zu ermöglichen, oder sie führen endlich von neuem Kohlenstoff zu und machen die Entkohlung dadurch zeitweise rückgängig. Die meisten Mittel sind so zusammengesetzt, dass sie gleichzeitig in allen drei Richtungen wirken, und haben fast nur bei dem Puddeln auf Korn Anwendung gefunden.

Die hauptsächlichsten Bestandtheile solcher Mittel sind:

1. **Quarzsand**, mehr oder minder reine Kieselsäure.

Der Zuschlag von Quarz oder einem quarzigen Eisenerze wird häufig benutzt. Er ist stets ein Beweis einer schlechten Arbeit; denn der zur Verschlackung der Kieselsäure nöthige Eisenverlust ist eine unmittelbare Folge. Man nimmt seine Zuflucht zu diesem Mittel, wenn ein siliciumarmes, meist ein gefeintes, garschmelziges Eisen auf Korn verpuddelt werden soll.

2. **Thon**, kieselsaure Thonerde, immer mit Ueberschuss von Kieselsäure, wirkt wesentlich nur durch letzteren, erhöht im übrigen den Schmelzpunkt der Schlacke und wird dadurch noch nachtheiliger als Quarz.

3. **Mangan**, in Form von Erzen, in denen es im oxydirten Zustande enthalten ist, zugesetzt, macht die Schlacke leichtflüssiger und geeigneter, die Eisentheilchen vollkommen zu umhüllen, verlangsamt dadurch die Entkohlung und ist deshalb ein mit besonderem Vortheile beim Kornpuddeln verwendeter Zuschlag. In Form von Spiegeleisen oder Ferromangan metallisch zugeschlagen übt das Mangan einen desoxydirenden Einfluss und wird daher namentlich am Ende des Processes mit Nutzen verwendet. Das Manganoxyd ist der beste Zuschlag behufs Verzögerung der Entkohlung und macht bei richtiger Arbeit alle anderen denselben Zweck verfolgenden Mittel überflüssig.

4. **Alkalien**, in Form von Kochsalz (Chlornatrium), Abraumsalzen (Chlornatrium, Chlorkalium, Chlormagnesium etc.), Soda (kohlensaurem Natron) und Potasche (kohlensaurem Kali), Borax (borsaurem Natron) sowie in Form von Salpeter, über dessen Benutzung als oxydirendes Mittel schon oben (Seite 264) gesprochen wurde, bilden

beim Zusatze zum Eisen im Puddelofen, wie die Manganoxyde, eine leichtflüssige Schlacke. Durch den hohen Preis wird ihre Anwendbarkeit wesentlich beschränkt. Auch die an sich billigsten Salze, die Chlorverbindungen, werden dadurch theuer, dass eine grosse Menge davon ungenutzt verflüchtigt wird, die Ofenwände verschlackt und theils durch starke Abnutzung derselben schädlich wirkt, theils dadurch, dass die gebildeten kiesel- und thonerdehaltigen Schlacken abtropfen und das Eisenbad verunreinigen.

In wieweit die Chlorsalze der Alkalien zur Reinigung des Eisens durch Chlorentwickelung beitragen können, wird weiter unten erörtert werden.

5. **Kohle**, in Form von Holzkohlenpulver, Russ, thierischen Abgängen, wie Hufen, Klauen, Hörnern u. s. w., wirken direct der Entkohlung entgegen. In gleicher Weise übt eine russende Flamme, Leuchtgas, Theerdampf, einen Einfluss aus. Die meisten dieser Zuschläge sind bei gut geleiteter Arbeit indessen selbst für das Kornpuddeln ganz entbehrlich. Nur die russende, also nicht oder wenigstens schwach oxydirende Flamme kann von ökonomischem Nutzen, ja eine Nothwendigkeit sein, wenn beim Aussaigern von Stahl- und Feinkornluppen eine zu weit gehende Entkohlung verhindert werden soll.

1856 nahm Taylor[1]) ein Patent auf die Behandlung des Roheisens mit Kohlenwasserstoffgas oder Wasserstoff entweder beim Gusse aus dem Hochofen oder nach erfolgtem Einschmelzen im Puddelofen. Beides ist zu theuer, die Benutzung des Wasserstoffs, abgesehen von der Kostspieligkeit, ohne Nutzen, wie Seite 266 beim Wasserdampf und unten Seite 283 erörtert ist.

Als kohlende Mittel hat man auch sehr häufig Cyanverbindungen angewendet. Man hat bei diesen, wie bei den stickstoff- und kohlenstoffhaltigen thierischen Substanzen, wohl meist den Gedanken eines günstigen Einflusses von Seiten des Stickstoffs gehabt. Dass indessen diese schon Abtheilung I, Seite 72 besprochene und bei Gelegenheit der Cementation des Eisens später nochmals zur Erörterung kommende Einwirkung des Stickstoffs hier bestimmt auf irriger Ansicht beruht, bedarf bei der hohen Temperatur, welche im Puddelofen herrscht und jede Stickstoffverbindung des Eisens sofort wieder zerlegen muss, keines weiteren Beweises.

Von diesen Verbindungen sind Cyankalium und Blutlaugensalz am häufigsten empfohlen und versucht worden. So liess sich z. B. Thomas zu Washington[2]) eine Mischung von 3 Theilen Kochsalz, 9 Theilen Blutlaugensalz und 3 Theilen doppeltchromsaurem Kali, Farrer in New-York[3]) ein Gemenge von 1 Theil Cyankalium und 2 Theilen Salmiak patentiren.

---

[1]) 22. Sept. 1856, London Journal of arts, Vol. V, p. 328. — [2]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1857, No. 44. — [3]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860, No. 4 und 19.

Wenn mit derartigen Mitteln wirklich einmal ein vorübergehender Erfolg erzielt worden ist, so beruht dieser immer nur auf der Bildung einer leichtflüssigen Schlacke in Folge des Alkaligehalts der verwendeten Substanzen.

Schlussfolgerung. Das beste Mittel, die Entkohlung zu verzögern, bleibt stets das Puddeln unter Schlackenbedeckung. Nächstdem ist Benutzung einer reducirenden Flamme zu empfehlen und im Falle das Roheisen nicht manganhaltig ist und daher keine hinreichend dünnflüssige Schlacke liefert, der Zuschlag von Manganoxyden, welche in den meisten Fällen in genügender Reinheit in Form von Erzen beschafft werden können.

Im übrigen muss im Auge behalten werden, dass mit der Verhinderung oder Verzögerung der Entkohlung auch die übrigen Stoffe, namentlich der Phosphor, betroffen werden. Dass in Folge dessen der Einfluss reducirender Mittel geradezu ein nachtheiliger sein kann, hat Kosmann[1]) an dem Vergleich der Producte eines gewöhnlichen und eines mit Regeneratoren betriebenen Puddelofens nachzuweisen versucht. Es hatte sich gezeigt, dass bei gleichem Rohmaterial das Product im Regeneratorofen phosphorreicher und daher kaltbrüchiger ausfiel. Kosmann untersuchte zuvörderst die Schlacken zur Zeit des Aufkochens und fand in denselben:

	Schlacke des gewöhnlichen Ofens	Schlacke des Siemens'schen Ofens
Kieselsäure	11·98	15·36
Thonerde	1·11	1·18
Eisenoxydul	68·69	66·33
Manganoxydul	1·00	0·92
Kalkerde	1·79	2·51
Magnesia	0·24	0·92
Kali und Natron	2·13	0·72
Phosphorsäure	14·43	14·28
Schwefel	0·24	0·28
	101·61	102·50

[1]) Ueber den Puddelbetrieb in dem Siemens'schen Gasgeneratorofen, Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1870, S. 160.

Die Resultate entsprechen folgender Combination:

	I. Schlacke des gewöhnlichen Ofens		II. Schlacke des Siemens'schen Ofens	
Eisen	= 0·42	= 0·66 Fe S	0·49	= 0·78 Fe S
Schwefel . .	= 0·24		0·29	
Eisen	= 6·64	= 8·48 $Fe_2 P$ [1])	5·87	= 7·49 $Fe_2 P$
Phosphor . .	= 1·84		1·62	
Eisenoxydul .	= 5·88	= 18·95 $Fe_3 O_4$	—	
Eisenoxyd .	= 13·07		11·81	= 11·81 $Fe_2 O_3$
Eisenoxydul .	= 14·52	= 25·73 $Fe_3 (Mn_3) P_2 O_8$	15·21	= 26·74 $Fe_3 (Mn_3) P_2 O_8$
Manganoxydul	= 1·00		0·92	
Phosphoreisen	= 10·21		10·61	

	I.		Sauerstoff	II.		Sauerstoff
Kieselsäure .	= 11·98	= 44·71	6·39	15·38	= 53·03 [1])	8·19
Thonerde . .	= 1·11		0·51	1·18		0·55
Eisenoxydul .	= 27·46		6·10	32·32		7·18
Kalkerde . .	= 1·79		0·51	2·51		0·71
Magnesia . .	= 0·24		0·09	0·92		0·36
Kali u. Natron	= 2·13		0·43	0·72		0·18
	98·53		7·64	99·85		8·98

Das specifische Gewicht von II. war = 4·16, das von I. = 4·35. Kosmann schliesst aus diesen Untersuchungen, welche mit grosser Sorgfalt und Genauigkeit angestellt worden sind, dass, — weil die Schlacke II. die normale Silicirungsstufe $Fe_2 Si O_4 = 2Fe O, Si O_2$, Schlacke I. dagegen eine geringere, nämlich $Fe_{12} Si_5 O_{22} = 12Fe O, 5Si O_2$, habe, und in Schlacke II. der Eisengehalt (11·81 Proc. Eisenoxyd) weit geringer als in Schlacke I. (18·95 Proc. Eisenoxydoxydul), der Gehalt an Schwefeleisen, Phosphoreisen und Eisen- Mangan- Phosphat dagegen ein ziemlich gleicher sei, — zwar der Beweis geliefert werde, dass in dem der Entnahme der Proben vorhergegangenen Theile des Processes eine stärkere Oxydation durch die Flamme des gewöhnlichen Ofens stattgefunden habe, ein nachtheiliger Einfluss daraus aber nicht abzuleiten sei. Er glaubt, dass dieser Nachtheil im weiteren Verlaufe auftreten müsse, weil die höher silicirte Schlacke flüssiger werde und daher weniger oxydirend wirke, das Eisenphosphoret sich dem Eisen incorporire und nicht mehr entfernt werden könne.

So wenig die an sich interessanten Untersuchungen Kosmann's die Schlussfolgerung rechtfertigen möchten, da zwei einzelne Schlackenproben eine viel zu geringe Unterlage bilden und wenige Minuten nach oder vor der Probenahme eine wesentlich andere Zusammensetzung zu erkennen gewesen sein mag, so ist doch die Ansicht unbestreitbar, dass — wegen der fast unvermeidlich hohen Temperatur der Regeneratoröfen, welche in anderen Fällen gerade ihren Vorzug bildet, und

[1]) Im Original ist die Summe falsch berechnet.

wegen des den Eintritt atmosphärischer Luft durch die Arbeitsthüren hindernden Gasdruckes, welcher mit Rücksicht auf den Brennmaterialverbrauch ebenfalls nur als Vortheil aufgefasst werden kann, — die Ausführung des Puddelprocesses im Regeneratorofen viel schwieriger ist, als im gewöhnlichen Puddelofen. Daher schreibt sich zum grossen Theil die geringe Verbreitung dieser Einrichtung her.

Zuschläge, welche das Eisen von Schwefel und Phosphor befreien sollen.

Die meisten Mittel, welche in diese Kategorie gehören, verfolgen den Zweck, sowohl Schwefel als Phosphor in flüchtiger Form auszutreiben. Dass eine solche Verflüchtigung im Puddelofen überhaupt möglich ist, liegt auf der Hand, da die erzeugten Dämpfe sofort aus der Berührung mit dem Eisen treten und daher auch bei erneuerter Zersetzung keinen schädlichen Einfluss mehr ausüben können. In dieser Beziehung sind die Umstände beim Puddeln viel günstiger als beim Hochofenprocesse, wo namentlich eine Phosphorverflüchtigung geradezu unmöglich ist [1].

Kochsalz. Kochsalzhaltige Zuschläge wurden zu diesem Zwecke schon beim Herdfrischen vor der Erfindung des Puddelns angewendet.

John Payne schlug 1728 [2]) vor die Anwendung von Holzasche, Glas, Glasgalle, gemeinem Salz, Thon, Kelp, Potasche; John Wood 1761 [3]) die von Kalk, Salz und Seifensiederrückständen; James Goodyer 1771 die von gemeinem Salze und anderen salinen Substanzen sowie Holzkohlenstaub.

Für den Puddelprocess selbst gab bereits 1818 B. Rogers von Nant-y-Glo, der Erfinder der Eisenböden, folgendes Recept für einen guten Zuschlag [4]):

Gemeines Salz	3·402 Kg	gepulvert
Salpeter	0·226 „	
Weisser Thon	1·814 „	getrocknet, fein gemahlen und vermischt
Manganoxyd	3·628 „	
Bestes Rotheisenerz . .	7·256 „	
Ungelöschter Kalk . . .	4·536 „	
Holzkohlenpulver . . .	5·443 „	

Schlegel und Müller empfahlen 1835 [5]), beim Stahlpuddeln während des Anfangs der Kochperiode eine Mischung von nicht zu fein ge-

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 592. — [2]) Percy, Iron, p. 635 und 653 Abridgements p. 5. — [3]) Abridgements S. 5. — [4]) Elementary treatise of Iron Metallurgy p. 241, worin dieser Zuschlag merkwürdiger Weise empfohlen wird, falls ein kaltbrüchiges Eisen gewünscht wird (should a cold-short bar be desired), wohl ein Beweis dafür, dass man seit Alters die gute Schweissbarkeit des phosphorhaltigen Eisens bei gleichzeitiger Härte zu verwerthen verstanden hat, ohne freilich die Nachtheile, welche daraus für die Consumenten entstehen, zu berücksichtigen. — [5]) Percy, Iron, p. 799.

pulvertem Lampenruss, gehackten Rinderhufen und gemahlenem Steinsalz anzuwenden und zwar auf 175 Kg Roheisen 2·5 Kg Lampenruss, 2 Kg Hufe und 0·5 Kg Salz, die ganze Mischung in 12 Theilen, deren jeder in einer Papierpatrone enthalten, gut in das Bad eingerührt wurde, wobei die Temperatur niedrig und der Dämpfer geschlossen gehalten werden sollte.

Am häufigsten wird noch heutigen Tages das Schafhäutl'sche Pulver benutzt. Dasselbe wurde 1835 patentirt [1]) und ursprünglich nur für die Schmiedeisendarstellung empfohlen, später hauptsächlich bei der Puddelstahlerzeugung verwendet. Es besteht aus einer innigen Mischung von 0·775 Kg Braunstein ($Mn O_2$), 1·875 Kg gut getrocknetem gemeinem Salze und 0·275 Kg gut gewaschenem Töpferthon. Die Mischung soll zu 187·5 Kg Roheisen beim Kochpuddeln in drei Sätzen zugefügt werden.

Obwohl häufig angenommen wird [2]), dass sich Chlor aus diesen kochsalzhaltigen Zuschlägen entwickele und dieses der wirksame Stoff sei, indem er schädliche Bestandtheile, wie Phosphor und Schwefel, verflüchtige, so ist zwar die angegebene Reaction nicht unmöglich, aber keineswegs wahrscheinlich.

Schon Karsten [3]) führt an, dass sich voraussichtlich kein Chlor, sondern nur Salzsäure entwickeln werde, weil diese den zu ihrer Bildung erforderlichen Wasserstoff aus dem zufälligen Wassergehalt des Braunsteins und besonders aus dem Thon erhalte.

Percy [4]) spricht sich über diesen Punkt folgendermaassen aus: „Chlornatrium zersetzt sich leicht bei hoher Temperatur unter der Einwirkung von freier Kieselsäure und Wasserdampf und unter Bildung von Chlorwasserstoffsäure, es ist daher wahrscheinlich, dass bei hoher Temperatur Chlor und kieselsaures Natron unter der vereinigten Einwirkung von Kieselsäure und freiem aus dem Mangansuperoxyd entwickelten Sauerstoff gebildet werden.“ Gruner [5]) hat dagegen nachgewiesen, dass sich unter diesen Verhältnissen nur freier Sauerstoff entwickelt.

Er hat untersucht, was aus dem Natron hierbei wird, und zu diesem Zwecke die Schlacke eines Stahlpuddelofens analysirt, in welchem Kochsalz als Zuschlag benutzt worden war.

Sie zeigte folgende Zusammensetzung:

Kieselsäure	17·8	Sauerstoff	9·25
Eisenoxydul	69·1	„	19·16
Manganoxydul	9·4		
Kalk	0·4		
Magnesia	0·4		
Natron	0·9		
Thonerde	1·8		
	99·8		

[1]) Specification den 13. Mai 1835, No. 6837. — [2]) Z. B. von Tunner 1853, Oesterr. Jahrb. S. 291. — [3]) Eisenhüttenkunde IV, S 322. — [4]) Iron p. 800. — [5]) Annales des Mines 1859, 15, p. 315.

Das Natron wurde mit besonderer Sorgfalt, sowohl als kohlensaures wie als schwefelsaures Salz bestimmt. Freilich giebt Gruner nicht an, ob er nach Chlor in der Schlacke gesucht habe. Die Schlacke enthielt kaum merkliche Spuren Schwefel. Sollte kaum 1 Proc. Natron die Flüssigkeit der Schlacke wesentlich erhöhen und dadurch dazu beitragen, Silicium, Phosphor und Schwefel dem Roheisen zu entziehen?

Lan [1]), der mit vollem Rechte anführt, dass das Kochsalz zu flüchtig sei und zu schnell an die Oberfläche komme, um kräftig wirken zu können, glaubt allerdings diesen Einfluss annehmen zu müssen. Er sagt: „Einen physikalischen und mechanischen Effect darf man sich wohl von dieser Mischung versprechen, dagegen erscheint ihre chemische Wirkung sehr gering, mit Ausnahme des Punktes, dass sie die entkohlende Kraft der Schlacken durch Flüssigmachung vermindert." Aber aller Wahrscheinlichkeit nach hat nicht das Natrium, sondern das Mangan den wesentlichsten Antheil daran.

Hiernach scheint die in der That erprobte Wirksamkeit des genannten Pulvers wesentlich auf der Bildung einer durch den Mangan- und, wenn auch vielleicht nur in sehr geringem Maasse, durch den Natrongehalt leichter schmelzbar gemachten Schlacke zu beruhen. Wenn Tunner [2]) von dem Schafhäutl'schen Pulver noch glaubt, dass das Natron zur Bildung von Cyan beitrage und so die Stahlbildung durch Cementation, besonders am Ende der Rührperiode, wesentlich befördere, so ist zuvörderst eine solche Cyanbildung keineswegs nachgewiesen, im übrigen aber auch wenig wahrscheinlich.

Aehnliche Pulver sind später vielfach vorgeschlagen. Sie kommen fast alle auf die Benutzung von Chlorsalzen oder Fluorverbindungen, zum Theil sogar auch von Jod- und Bromsalzen hinaus.

Chloride. Von den Chloriden ist kaum eins bei den zahlreichen Bemühungen unbeachtet geblieben. Abgesehen von Variationen des Schafhäutl'schen Pulvers in Bezug auf die Mengenverhältnisse von Braunstein, Kochsalz und Thon und ähnlichen Mischungen mit Eisenoxyden, z. B. von Couailhac [3]) ein Gemisch von $2^1/_2$ Theilen Walzschlacke, 1 Theil kohlensaurem Kalk und $^1/_2$ Theil Kochsalz, sind folgende Vorschläge zu erwähnen: Von Augustin [4]) Eisenchlorid, von Tessié du Motay und Fontaine [5]) ein Gemenge von Eisenoxyden mit den Chloriden von Aluminium, Eisen, Mangan, Chrom, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Strontium oder Barium, von Kerpely [6]) ein Gemisch von Chlornatrium, Chlorammonium, von Eisenchlorür und Eisenchlorid enthaltenden bei der Kupferextraction fallenden Laugen, von Wintzer [7]) Chlorgas,

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1860, S. 257. — [2]) Opus cit. 291. — [3]) Berggeist, 1. Hälfte 1861, S. 76. — [4]) Bergwerksfreund I, S. 133. — [5]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1857, S. 99. — [6]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1865, S. 273. — [7]) Mechan. Magazin 1866, 2te Abthl, S. 101.

Chlorkalk oder Chlorcalcium, von Scheerer[1]) ein Gemisch von Chlornatrium und Chlorcalcium.

Zwar waren manche dieser Vorschläge darauf gerichtet, die chlorhaltigen Substanzen zur Vertreibung des Phosphors in der Form einer Chlorverbindung schon im Hochofen oder nach dem Ablassen des Roheisens aus demselben anzuwenden, die meisten indessen sollten nach dem Einschmelzen im Puddelofen in das flüssige Roheisenbad gebracht werden; Couailhac wollte seine Mischung erst beim Verdicken des Eisens eingesetzt wissen.

Ausführlich beleuchtete zuerst die wahrscheinlichen Vorzüge des Chlors zur Entfernung von Schwefel, Arsenik, Phosphor etc. Augustin im Jahre 1839. Obwohl man also lange genug mit der Wirkungsweise bekannt ist, hat doch keins der vielen Chloride sich Eingang zu verschaffen gewusst. Zwei Gründe sind dafür anzugeben: Die grosse Flüchtigkeit der meisten Chloride und die Schwierigkeit, sie mit allen Theilen des Eisens in hinreichende Berührung zu bringen. Der erste Grund vertheuert alle derartigen Processe so, dass sie nicht ökonomisch bleiben, der zweite beeinträchtigt ihre Wirksamkeit in dem Maasse, dass man durch die gewöhnlichen Hülfsmittel des Puddelns ebensoweit gelangt.

Wintzer zu Georgs Marienhütte schlug daher 1866 mit Berücksichtigung der Flüchtigkeit aller anderen Chloride das beständigere Chlorcalcium vor. Dieser Vorschlag war sehr einleuchtend und es wurden in Folge dessen auf Veranlassung des Verfassers zu Königshütte in Oberschlesien ausführliche Versuche mit chlorcalciumhaltigen Mitteln angestellt[2]). Dieselben hatten aber durchaus keinen günstigen Erfolg. Der Phosphorgehalt des Roheisens verminderte sich nicht im geringsten. Das Chlorcalcium stieg offenbar sofort an die Oberfläche, wo es sich mit den stets vorhandenen Wasserdämpfen zu Salzsäure und Kalkerde zersetzte, welche letztere in die Schlacke ging.

Die Bekanntschaft mit dieser geringen Wirksamkeit des Chlorcalciums hat Scheerer veranlasst, Chlornatrium zu Hülfe zu nehmen. Er bereitet sein Pulver, indem er Chlorcalcium und Chlornatrium zu gleichen Theilen zusammenschmilzt[3]). Chlorcalcium allein hält Scheerer mit Recht für weniger[4]) wirksam, Chlornatrium allein, wegen seiner Leichtflüchtigkeit, für ganz unwirksam, die Gegenwart anderer Chloride, wie Chlormangan, Chloreisen, Chlormagnesium, für ebenfalls nachtheilig, weil sie die zu schnelle Zersetzung der übrigen Chlorverbindungen befördern. Scheerer verpackt den Zuschlag zu je 1 Kg in wasserdichte Papierpatronen und setzt diese allmälig in das Eisenbad. Im Ganzen soll dreimal soviel Zuschlag benutzt werden, als dem Gewichte nach

---

[1]) Bayr. Industrie- und Gewerbeblatt 1872, S. 268. — [2]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1866, S. 272. — [3]) Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1872, S. 168. — [4]) Er hätte sagen können „wenig".

Phosphor im Roheisen ist. Auch dieses Mittel indessen hat seine Wirksamkeit nicht bewährt. Man ist zu Hörde und anderwärts, wo es längere Zeit versucht wurde, davon wieder ganz zurückgekommen, weil der an sich sehr geringe Erfolg in keinem Verhältnisse zu den Kosten stand. Am wirksamsten würde stets das von Wintzer vorgeschlagene Chlorgas sein, aber die Kostspieligkeit seiner Herstellung, die Schwierigkeit seiner Anwendung und endlich die auch hier durch die Massenwirkung des Eisens unvermeidliche Bildung des leicht flüchtigen Chloreisens bieten Hindernisse, welche nach dem gegenwärtigen Stande der Technik keine Aussicht auf Ueberwindung bieten.

Hiernach ist von der Anwendung der Chloride beim Puddeln als Zuschlagsmittel überhaupt abzusehen.

Jodide und Bromide. Jod und Brom und deren Salze, letztere im natürlichen oder gereinigten Zustande, sind zu gleichem Zwecke von Sherman in Bucksport vorgeschlagen worden [1]). Es bedarf kaum noch der Erwähnung, dass wenn Chloride schon zu theuer sind, es Jodide und gar erst Bromide gewiss sein müssen.

Fluoride. Die Einwirkung des Flussspaths, welche sich beim Hochofenprocesse zum Theil so günstig gestaltet [2]), hat man auch auf den Puddelprocess zu übertragen versucht. Auch bei diesem Mittel sind zwei Wege eingeschlagen worden: Man hat den Flussspath allein oder gemengt mit Eisenoxyd in das aus dem Hochofen abgestochene Roheisen eingerührt, oder die Substanz in den Puddelofen nach dem Einschmelzen des Roheisens eingesetzt [3]). Im ersten Falle gehört der Process, welcher in dieser Form z. B. von Henderson [4]) vorgeschlagen wurde, mehr in das Gebiet der Vorbereitungsarbeiten. Zu gleicher Zeit als die Entphosphorungsversuche zu Königshütte mit Chlorcalcium vorgenommen wurden [5]), wendete man zu demselben Zwecke auch gepulverten Flussspath an, aber ebenfalls vergeblich. Nur ein Vortheil wurde erreicht, nämlich die Schlacke flüssiger zu machen und eine leichtere Abscheidung derselben vom Eisen zu bewirken. Auf diese Weise kann allerdings gerade im letzten Theile des Puddelprocesses ein lebhafteres Aussaigern und eine vollständigere Entfernung des Phosphors erreicht werden. Eine Verflüchtigung von Phosphor oder Schwefel als Fluorverbindung ist nicht denkbar.

Wasserstoff. Wasserstoff ist schon 1839 von Dr. Engelhardt [6]) zur Entfernung von Phosphor und Schwefel vorgeschlagen worden. Diejenigen, welche Wasserdampf zum Puddeln anwendeten [7]), hatten häufig dasselbe Ziel vor Augen. Zenger wollte das aus Hydraten durch

---

[1]) Specificat. A. D. 1870, 25. Juli, No. 2092 und Polytechn. Centralblatt 1871, S. 530 — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 558. — [3]) Bowron und Lunge nahmen ein Patent auf den 20fachen Zusatz des Phosphorgehalts an Flussspath oder Kryolith. — [4]) Wagner's Jahresber. 1869, S. 55. — [5]) Vergl. vor. Seite. — [6]) Conf. Bergwerksfreund I, S. 131. — [7]) Vergl. S. 266 und 276.

Zersetzung entwickelte Wasserstoffgas hierzu verwerthen. Da der Wasserstoff bei dem Oxydationsprocesse des Puddelns hinreichende Gelegenheit zu seiner Verbrennung zu Wasser findet, eine directe Bildung von Phosphorwasserstoff aber überhaupt nicht stattfinden kann, so bleibt nur eine höchst unbedeutende Schwefelwasserstofferzeugung als der einzige Erfolg des unter allen Umständen kostspieligen Verfahrens übrig.

Metalle und Metalloxyde. Zu dem gleichen Zwecke der Phosphor- und Schwefelabscheidung oder Verminderung sind verschiedene Metalloxyde vorgeschlagen worden, z. B. von Mushet [1]) pulverisirter Titaneisenstein, welcher zu 1 bis 20 Proc. zur Zeit des Aufkochens zugesetzt werden soll. Derselbe nützt nichts, sondern erschwert den Puddelprocess durch Verdickung der Schlacke, deren Schmelzpunkt er wesentlich erhöht.

Bleioxyd oder Bleisuperoxyd ist von Richter in Leoben empfohlen worden [2]), ebenso ein Gemenge von Eisenvitriol und Bleioxyd von Crawshay [3]).

Richter gab an, dass er beim Verpuddeln von 350 Kg Roheisen, welches absichtlich durch Zusatz von 1·5 Kg Schwefeleisen und 0·25 Kg Phosphoreisen verschlechtert worden war, unter Zusatz von 1·5 Kg Bleiglätte nach dem Einschmelzen, zu Frantschach ein sehr wohl brauchbares Eisen erhalten habe. Bei derselben Gelegenheit schlägt Richter vor für schnell garendes Eisen metallisches Blei zu nehmen [4]). Wahrscheinlich hat indessen hier — wie dies so oft geschieht — die grosse Sorgfalt des Erfinders mehr gethan, als seine Zuschläge. Es ergiebt sich dies erstens daraus, dass das Verfahren nicht fortgesetzt ist, und zweitens daraus, dass von Dritten unternommene Versuche in derselben Richtung keinen günstigen, sondern sogar einen schädlichen Einfluss des Bleizusatzes nachweisen [5]).

Die Einwirkung des Bleioxydes kann eine zweifache, eine mechanische und eine chemische, sein. Soll nur eine leichtflüssige, die Entkohlung verzögernde Schlacke gebildet werden, so lässt sich dieser Zweck besser und billiger durch Manganoxyd und zwar ohne den grossen Nachtheil erreichen, der in Folge der Leichtflüchtigkeit des Bleioxydes durch die schnelle Zerstörung aller aus Thon gebildeten Ofentheile entsteht.

Die zweite Einwirkung des Bleioxyds oder Bleisuperoxyds kann eine chemische, d. h. oxydirende, sein. Bedenkt man nun, dass sowohl Eisenoxydoxydul als Eisenoxyd leicht mit Glätte zusammenschmelzen [6])

---

[1]) Dingler's polytechnisches Journal 156, S. 76. — [2]) Deutsche Industrie-Zeitung 1863, S. 205, Berg- und Hüttenm. Zeitung 1861, S. 315 und 1864, S. 232. — [3]) Revue univers. 9 ann. 2 livr, p. 342. — [4]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1861, S. 315, und Oesterr. Berg- und Hüttenm. Jahrb. 1861, No. XVI. — [5]) Z. B. die von Kerpely zu Anina in Banat vorgenommenen und in der Berg- und Hüttenm. Zeitung 1864, S. 232 beschriebenen Proben, sowie die Versuche zu Zeltweg, welche im Oesterreichischen Jahrbuch 1861, S. 300 angeführt worden sind. — [6]) Vergl. Bd. III. der Metallurgie S. 12.

und so an die Oberfläche des Bades gelangen, dass daher das Bleioxyd das wichtigste Entkohlungsmittel dem Frischprocesse entzieht, so muss auch in dieser Richtung ein entschiedener Nachtheil constatirt werden. Da endlich bei der hohen Temperatur die Bildung von Phosphorblei, welches flüssig aussaigern könnte, nicht stattfinden kann [1]), so ist auch in dieser Beziehung kein Vortheil zu erreichen. Ebensowenig kann sich bei Gegenwart des metallischen Eisens Schwefelblei bilden [2]). Es bliebe nur noch die in der Abtheilung I, S. 45 beschriebene Einwirkung des Bleioxyds auf Schwefeleisen übrig, d. h. eine Schlackenbildung unter Zurückhaltung von Schwefel. Diese Schlacke würde am Ende des Processes aussaigern und dadurch eine Reinigung des Eisens befördern können. Fasst man aber, die letzte Reaction als richtig vorausgesetzt, alle möglichen Vortheile von Bleizusätzen zusammen, so kann man nur auf das Resultat gelangen, dass aus der schnellen Zerstörung der aus Thon gebildeten Ofenwände ein weit überwiegender Nachtheil erwachsen muss.

Statt des Bleies hat Baker Zink vorgeschlagen, welches indessen eine schwerschmelzigere Schlacke als Blei bildet und daher noch unzweckmässiger als jenes ist.

Crawshay wollte ein Gemisch von Bleiglätte und Eisenvitriol, Saunderson sogar blossen entwässerten Eisenvitriol [3]) anwenden [4]). Eisenvitriol zersetzt sich bei der Puddelofentemperatur sehr schnell, Eisenoxyd zurücklassend und ist, ohne einen anderen Nutzen zu gewähren als reines Eisenoxyd, nur ein viel kostspieligerer Zuschlag, während die entwickelte Schwefelsäure die Arbeiter belästigt und die Ofenwände angreift. Ebensowenig Nutzen können die Bower'schen Pulver von salpetersaurem Eisenoxyd oder Bleioxyd haben [5]). Wenn nun gar Girard und Poulain empfehlen, Natrium- und Kaliumdämpfe in das geschmolzene Roheisen einzuleiten, so liegt die praktische Unausführbarkeit dieses Verfahrens zu sehr auf der Hand, um weiterer Erörterung zu bedürfen [6]).

Die von Zenger [7]) vorgeschlagene Benutzung von Hydraten der Alkalien und der alkalischen Erden allein, oder gemengt mit Hydraten von Eisen- und Manganoxyd ist bereits oben als unwirksam besprochen worden. Zenger glaubt, dass der Wasserstoff das Alkali- oder Erdmetall reduciren und letzteres sich mit dem Schwefel und Phosphor verbinden werde. Der Wasserstoff findet indessen viel leichter reducirbare

[1]) Loc. cit. S. 46. — [2]) Loc. cit. S. 34. — [3]) Auch doppeltschwefelsaures Natronkali ist vorgeschlagen. Dingley (Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1873, S. 37) will das im Puddelofen flüssig eingeschmolzene Roheisen durch dieses Salz reinigen, eine an die Aufschliessungsarbeiten im Laboratorium erinnernde Methode ohne jeden praktischen Werth. — [4]) Wagner's Jahresbericht d. chem. Technologie 1867, S. 79. — [5]) Wagner's Jahresber. 1872, S. 83. — [6]) Wagner's Jahresber. 1870, S. 60, und 1871, S. 78. — [7]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1873, S. 296.

Substanzen vor, als die Oxyde der Alkali- und Erdmetalle, so dass die Wirksamkeit des Wasserdampfes in dieser Richtung ebenso unwahrscheinlich ist, als in der gerade umgekehrten, welche früher erörtert wurde [1]).

Elektricität. Endlich ist noch zu erwähnen, dass Elektricität und Magnetismus zur Reinigung des Eisens vorgeschlagen sind. Bald sollten die Pole von galvanischen Batterien oder Elektromagneten nur mit den Eisentheilen des Ofens in Verbindung gebracht, bald die Pole in das flüssige Eisenbad getaucht werden [2]). Die Versuche sind — wie sich das allerdings unter den zum Puddeln erforderlichen hohen Temperaturen, bei welchen der Leitungswiderstand des Eisens sehr hoch wachsen muss, voraussetzen liess — gänzlich ohne Erfolg geblieben, und zwar ohne dass überhaupt die ökonomische Frage erst in Betracht gezogen worden wäre.

Schlussfolgerung. Nach allen Erfahrungen, welche mit den mannigfaltigen Mitteln zur Entfernung von Phosphor und Schwefel gemacht sind, hat sich keins als ökonomisch vortheilhaft erwiesen. Es hat sich vielmehr als ziemlich sicher herausgestellt, dass ein phosphor- und schwefelhaltiges Roheisen überhaupt nicht anwendbar für Korneisen ist, dass dagegen aus einem solchen Material durch einfaches Puddeln ohne alle Zuschläge ein hinreichend reines Sehneeisen erhalten werden kann und dass der durch verlängerten Zeitaufwand beim Puddeln ohne Zusätze entstehende Mehrverbrauch an Arbeitslohn und Brennmaterial in Geld ausgedrückt weit geringer ist, als die Kosten für alle solche Mittel betragen.

Das beste Mittel zur Darstellung eines brauchbaren Productes aus phosphor- und schwefelhaltigem Roheisen bleibt immer die gute Leitung der Arbeit, d. h. eine geringe Temperatur bei Beginn der Rohfrischperiode, eine möglichst hohe Temperatur beim Aussaigern der Luppen; nächstdem, wenn das Roheisen manganfrei ist, der Zusatz von Manganoxyden zur Erreichung einer leichtflüssigen Schlacke, welche die Entkohlung verzögert und das Aussaigern begünstigt. Dass durch den Saigerprocess ausser Phosphor auch Schwefel entfernt werden könne, haben neuerdings wieder Analysen von Kessler bestätigt, welche später mitgetheilt werden sollen [3]). Kessler geht nur in der Annahme zu weit, dass der Schwefel grösstentheils nicht durch Oxydation zu schwefliger Säure, sondern durch Uebergang in die Schlacke in Form von Schwefeleisen entfernt werden könne.

---

[1]) Vergl. S. 266, 276 u. 284. — [2]) Vergl. Newton's London Journal 1. Abthl. August 1865, S. 97. — [3]) Conf. Wagner's Jahresber. 1873, S. 112.

2. Maschinenpuddeln.

Mechanische Mittel zum Ersatz der Handarbeit.

Der mehr körperliche Kraft als Intelligenz erfordernde Rührprocess beim Puddeln hat schon früh zu der Idee geführt, an Stelle der Handarbeit Maschinenkräfte treten zu lassen. Man wendete sich zunächst zur getreuen Nachahmung der Handarbeit und gab einer Kratze durch mechanische Vorrichtungen eine hin- und hergehende und dabei strahlenförmig von der Arbeitsthür durch den Ofenherd laufende Bewegung. Da die Kratze indessen nicht zum Garfrischen geeignet ist, ersann man später zum Ersatze der Handarbeit mit dem Spitz kolbenartige, rotirende Werkzeuge. Mit allen diesen Instrumenten konnten unter keinen Umständen andauernde Resultate erreicht werden, welche die Handarbeit ganz entbehrlich machten; man ging daher schliesslich zu einem gänzlich veränderten Verfahren über nnd setzte den Puddelherd selbst in Bewegung.

1. Hin- und hergehende mechanische Kratze.

Schafhäutl'scher Puddler. Die älteste mechanische Puddelvorrichtung ist 1836 von Schafhäutl in München construirt und in dem Tividale-Eisenwerke bei Dudley in Südstaffordshire auch in Betrieb gesetzt worden [1]).

Der Apparat sollte nicht nur die eigentliche Kratzarbeit besorgen, sondern auch in der Periode der Abscheidung der Eisenkrystalle fortarbeiten. Zu letzterem Zwecke liess sich die Krücke durch einen Fusstritt in die Höhe heben, um nur beim Hingange, nicht beim Rückgange in das Bad einzutauchen und in der Art beim Luppenmachen mitwirken zu können, dass sie cylindrische Stücke zusammenrollte, welche durch Nachhülfe des Arbeiters in sphäroidische Gestalt gebracht werden sollten. Die Einrichtung erforderte eine besondere Maschine für jeden Puddelofen und da dies unter Beibehaltung der gewöhnlichen Grösse der Oefen zu kostspielig geworden wäre, wählte Schafhäutl Oefen mit dem

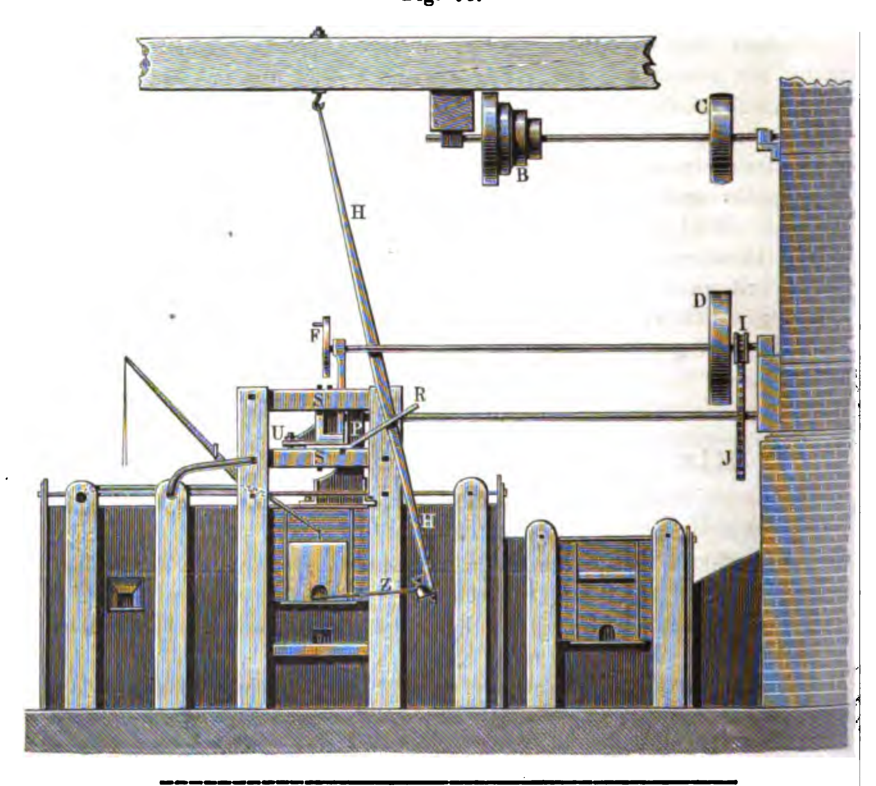
---

[1]) Patent vom 13. December 1836, No. 7117; London Journal 1839, und Dingler's polyt. Journal 1861, S. 233, und 72, S. 400, sowie Berg- und Hüttenm. Zeitung 1865, S. 293.

vierfachen Fassungsraum [1]). Hierbei stellten sich aber wegen erhöhten Abbrandes, unzureichender Apparate für Weiterverarbeitung der grossen Luppen und dergleichen mehr, solche Schwierigkeiten in den Weg, dass man bald wieder von der Benutzung der Einrichtung Abstand nahm.

Die Schwierigkeit einen Kratzapparat so einzurichten, dass er für alle Perioden nutzbar blieb, war durch die Schafhäutl'sche Vorrichtung hinreichend bewiesen worden. Mit Recht gingen daher, als man

Fig. 98.



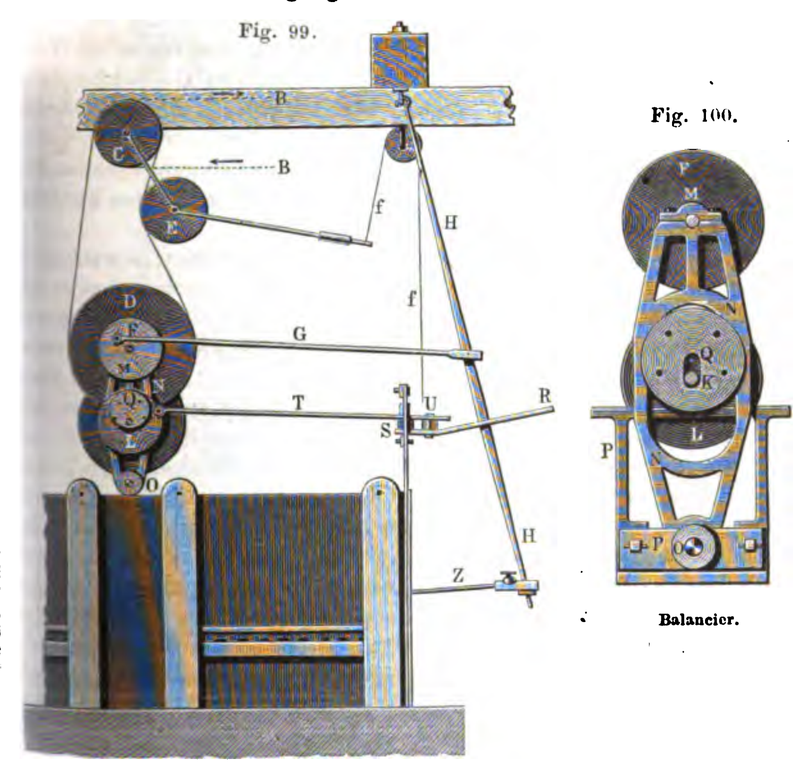
Dumény und Lemut's mechanischer Puddler. Vorderansicht.

den Gegenstand nach etwa 30 Jahren von neuem energisch aufnahm, die Constructeure darauf aus, Apparate zusammenzusetzen, welche sich lediglich auf das Kratzen beschränkten. Es entstand nun eine sehr grosse Zahl derartiger Apparate, von denen diejenigen im Folgenden beschrieben werden sollen, welche sich durch Angemessenheit ihrer Construction auszeichnen und wenigstens vorübergehend bewährt haben.

[1]) Für 800 Kg Roheisen.

Mechanischer Puddler von Dumény und Lemut [1]). Derselbe ist zuerst in Closmotier bei St. Dizier, in Anwendung gekommen. Die Figuren 98 bis 100 stellen die Einrichtung dieses Apparates in seiner einfachsten — immerhin für die Praxis aber noch viel zu complicirten — Form für einen gewöhnlichen Puddelofen dar.

Die Kratze *Z* ist an der Leitstange *HH* mittelst eines leicht lösbaren Doppelscharniers (Kugelgelenks) befestigt. Die Bewegung erfolgt von der durch die Stufenscheibe *B* mit dem Motor verbundenen Welle vermittelst Riemenübertragung von *C* nach *D*. An der Welle der Riem-



Balancier.

Mechanischer Puddler von Dumény und Lemut. Seitenansicht.

Decimeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

scheibe *D* ist die Kurbelscheibe *F* befestigt, welche vermittelst der Lenkstange *G* der Leitstange *HH* und damit der Kratze die hin- und hergehende Bewegung ertheilt. Das Lager der Kurbelscheibe *F* ruht auf einem Balancier *MO* (Fig. 100), welcher durch das Excentrik *Q* eine langsame hin- und hergehende Bewegung um seine horizontale, in einem Gestelle *P* fest gelagerte Axe *K* erhält. Diese Oscillation wird

[1]) Zeitschrift der deutschen Ingenieure Band VIII, S. 459.

durch das kleine Getriebe *I* auf das grössere *J* (Fig. 95) übertragen und dadurch auf die Kratze. Die Leitstange *HH* gleitet zwischen zwei parallelen Führungsstangen oder einer Kulisse *R*, welche sich um die verticale Axe *S* dreht. Dadurch wird die Schwingungsebene der Leitstangen und Kratzen variabel gemacht. Die Kulisse erhält ihre Bewegung durch die mit dem Kurbelarm *U* verbundene Lenkstange *T*, welche durch eine mit dem Excentrik *Q* auf derselben Welle sitzende Kurbelscheibe bewegt wird.

Die Bewegung des ganzen Mechanismus kann leicht durch Hebung der Spannrolle *E* (Fig. 99) gehemmt werden. Durch Stellung der Warze an *F* kann der Hub der Kratze, durch Stellung der Warze an *N* der Ausschlag der Kratze, durch Stellung des Excentriks *Q*, welches durch vier Schrauben, wie Fig. 100 zeigt, befestigt ist, der Tiefgang der Kratze leicht regulirt werden.

Zum Ausheben der Kratze beim Rück- oder Hergange haben Dumény und Lemut an Stelle des von Schafhäutl gewählten Fusstritts eine Daumenscheibe angebracht.

Der mechanische Puddler ist häufiger für Doppelöfen, sowohl mit 2 wie 4 Kratzen, eingerichtet worden. In dieser Construction hat er sich besonders auf den lothringischen Eisenwerken an der Mosel Eingang verschafft und ist sowohl mit gewöhnlichen Puddelöfen wie mit Regeneratoröfen verbunden worden. Die dort [1]) erlangten Resultate und die Ofenverhältnisse sind von Kosmann [2]) folgendermaassen angegeben worden:

Die Regeneratoren der Puddelöfen besitzen eine Höhe von 2·05 m, eine Breite von 1·53 m, die Länge beträgt für die Luftkammern 1·10 m, für die Gaskammern 0·72 m. Von den fünf Austrittsöffnungen an den Feuerbrücken hat die mittlere für die Luft 25 × 23 cm Querschnitt, die beiden benachbarten für Gas 25 × 20 cm und die beiden äussersten für Luft 25 × 12 cm. Die Feuerbrücken springen etwas über, so dass der Herd 1·61 m zwischen denselben, zwischen den Herdeisen dagegen 1·68 m Länge hat. Die Breite beträgt 1·19 m, die Höhe des Gewölbescheitels über der Herdsohle 0·80 m. Die sämmtlichen Herdeisen sind hohl und mit Wasser gekühlt. Auf der äusseren Seite jeder Feuerbrücke sind Vorwärmkammern für das Roheisen angebracht.

Auf den de Wendel'schen Werken wird mit dem mechanischen Puddler weisses Roheisen (aus Minetteerzen bei Koks erblasen) zu sehnigem Eisen verpuddelt. Es werden in den gewöhnlichen Oefen 400 Kg pr. Hitze eingesetzt und täglich 6000 Kg Eisen bei einem Kohlenverbrauche von 500 Kg pr. 1000 Kg Eisen, also 17 bis 18 Hitzen gemacht. An jedem Ofen sind wie bei einem gewöhnlichen Puddelofen 3 Arbeiter beschäftigt. In den mit Regeneratoren versehenen Oefen brachte man es nur auf 14 bis 15 Hitzen und der Kohlenverbrauch be-

[1]) 1869 auf den de Wendel'schen Werken und der Hütte zu Weilersbach bei Saarbrücken. — [2]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XVIII. S. 154.

trug 700 Kg auf 1000 Kg Stabeisen. Der Abbrand war geringer, aber die Qualität schlechter als bei den Oefen ohne Regeneratoren.

Der beschriebene Puddler hat sich nur da dauernd behaupten können, wo ein sehr langsam garendes Eisen eine lange Periode des Rührens erforderlich macht, namentlich bei der Verwendung grauen Holzkohlen-

Fig. 101.

Eastwood's mechanischer Puddler.

oder Koksroheisens. Der grösste Uebelstand bei demselben besteht in den langen Transmissionen und den Riemenübersetzungen, welche die Instandhaltung wesentlich erschweren.

Eastwood's mechanischer Puddler. Als eine wesentliche Vereinfachung ist der mechanische Puddler von Eastwood anzusehen [1]), welcher in Fig. 101 in perspektivischer Ansicht abgebildet ist. Der

[1]) Vergl. Zeitschr. deutsch. Ingenieure 1867, S. 108 und Taf. IV, Fig. 4.

Apparat wird an der Vorderseite des Ofens befestigt. Die Kratze ist in einer Gabel aufgehangen, welche das Ende eines Winkelhebels bildet. Der andere Hebelarm erhält seine Bewegung durch einen Krummzapfen *ab*, der an einer rotirenden, durch Kettenscheibe von der Transmissionswelle aus getriebenen Welle befestigt ist. Der den Winkelhebel tragende Arm, welcher die Bestimmung hat, die Bewegungsebene der Kratze zu ändern, ist mit der Warze einer Zahnscheibe verbunden, welche vermittelst einer Schnecke getrieben wird. Hier fehlt also die schwebende Bewegung der Kratze, welche derselben daher von dem Arbeiter gegeben werden muss.

Der Puddler ist in Nordengland und zu Königshütte in Oberschlesien versuchsweise angewendet worden, ohne sich behaupten zu können, obwohl er wegen seiner Einfachheit die empfehlenswertheste derartige Einrichtung sein dürfte [1]).

Whitham's mechanischer Puddler. Noch weiter vereinfacht und namentlich für Doppelpuddelöfen eingerichtet ist der Witham'sche Puddler [2]), welcher auf der Perseverance Hütte bei Leeds betrieben wird.

Diese Vorrichtung, welche in den Figuren 102 und 103 dargestellt ist, kann sich keineswegs selbst überlassen werden, sondern erleichtert nur dem Puddler die Arbeit, indem sie das Hin- und Herziehen der Kratze besorgt.

Die Kratzen *gg* sind wieder in Gabeln gelegt, aus denen sie sich leicht ausheben lassen. Die aus zwei verschiebbaren Stücken bestehenden Leitstangen sind an den kräftigen Doppelarmen *bb'* aufgehangen. Die Hin- und Herbewegung geschieht durch die an der Warze *h* befestigten Lenkstangen *f*. Die Warze ist auf einem gezahnten Rade *i* angebracht, welches fest in dem über den Puddelofen fortgehenden Bügel *aa* gelagert ist und seine Bewegung von der Transmission *m* durch die Uebersetzung *lk* erhält. Der Mechanismus kann durch Ausrückung der Kuppelung *n* leicht in Stillstand gebracht werden. Hier muss also der Arbeiter alle Bewegungen bis auf das Hin- und Herziehen selbstständig ausführen [3]).

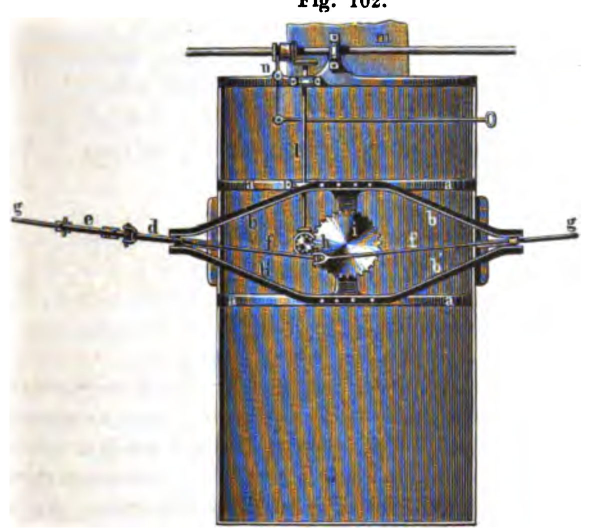
Harrison's und Pickles' mechanischer Puddler. Um alle Transmissionen zu vermeiden, welche einestheils die Oefen von einander abhängig machen, wenn man den Motor nicht beständig einer wechseln-

---

[1]) Sehr ähnlich dem Eastwood'schen, aber complicirter, ist der von Griffith construirte und auf der Northfield-Hütte zu Rhymney (Südwales) und Regent Eisenwerk bei Bilston in Thätigkeit gesetzte mechanische Puddler, dessen Beschreibung und Abbildung sich in Mechanics Magazine, Februar 22, 1867, S. 116, findet. Ein anderer derartiger Puddler, welcher zu Wombridge Hütte in Betrieb war und von Rennet construirt ist, findet sich in Mechanics Magazine 1865 2te Hälfte, S. 166, beschrieben. — [2]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XVIII, Taf. I. — [3]) Whitham's Puddler, sowie die Vorrichtungen von Griffith und Stoker finden sich im Journal of the Iron and Steel Institute Vol. I, 1872, ein sehr unvollkommener mechanischer Puddler von Broomhall in Engineering, Vol. 35 (1873), p. 279, beschrieben und abgebildet.

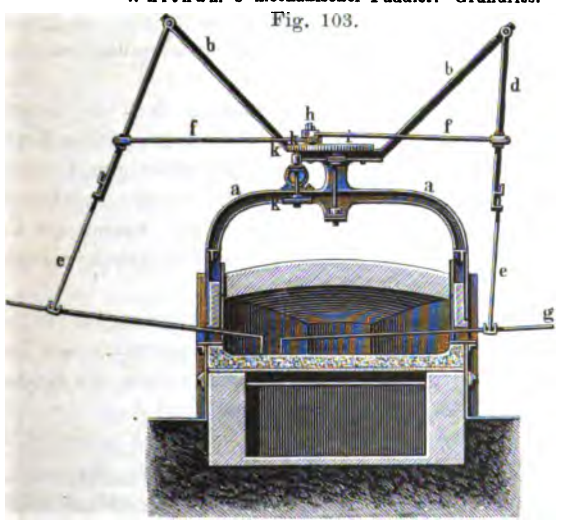
den Belastung unterwerfen will, und andererseits häufige Reparaturen erfordern, welche dann die ganze Puddelhütte in Mitleidenschaft ziehen,

Fig. 102.



Whitham's mechanischer Puddler. Grundriss.

Fig. 103.



Whitham's mechanischer Puddler. Ansicht.

Decimeter 10 5 0 1 2 3 4 5 Meter.

hat Harrison, ähnlich wie vor ihm schon Schafhäutl, vorgeschlagen, jeden Ofen mit einer besonderen kleinen Dampfmaschine zu versehen [1]).

[1]) Diese Einrichtung findet sich in Zeitschrift deutscher Ingenieure Taf. IV, Fig. 18, abgebildet.

In gleicher Weise construirte Pickles eine mit zwei Kratzen versehene Puddelmaschine für Doppelöfen, deren jede mit einer kleinen Dampfmaschine versehen werden sollte [1]).

Da indessen nicht zu erwarten ist, dass dadurch die Einrichtung des mechanischen Puddelns billiger werden könnte, müssten zur Ausgleichung wieder weit grössere Oefen angewendet werden und damit würden alle die Nachtheile herbeigeführt, welche selbst bei den rotirenden Oefen das wesentlichste Hinderniss einer allgemeinen Verbreitung geblieben sind.

Im Allgemeinen kann als durch die Erfahrung bewiesen angesehen werden, dass die mechanischen Rührvorrichtungen sich nur zum Ersatz der Handarbeit mit der Krücke, nicht mit dem Spitze eignen, dass sie daher eine vortheilhafte Anwendung nur nach dem Einschmelzen in der Rohfrischperiode finden können.

Je rohschmelziger daher das Roheisen ist, welches verpuddelt werden soll, je länger die Rohfrischperiode dauert, mit um so günstigerem Erfolge kann die mechanische Puddelei angewendet werden. Je schneller das Eisen gart, je länger die Luppen dem Saigerprocess unterworfen bleiben müssen, um so weniger Nutzen ist zu erwarten. Am besten eignen sich siliciumreiche, graue Roheisensorten, welche ziemlich phosphor- und schwefelfrei sind, am wenigsten siliciumarme, manganhaltige weisse Eisensorten, welche ganz ungeeignet werden, sobald sie Phosphor und Schwefel halten.

Einen je kürzeren Bruchtheil der ganzen Zeit der Apparat in Thätigkeit sein kann, um so weniger wird die mechanische Kraft ausgenutzt. Der Regel nach kann selbst bei sonst günstigen Verhältnissen durch die Anwendung mechanischer Puddler gegen den Betrieb mit der Hand an Arbeitslohn nichts gespart, sondern nur wegen der Erleichterung der Arbeit die Herbeischaffung geeigneter Arbeiter begünstigt werden.

Gleichartigkeit des Materials in langen Zeiträumen ist ein weiteres Erforderniss für die nützliche Anwendung der mechanischen Puddler; denn je mehr Aufmerksamkeit in der Rohfrischperiode die Behandlung des Eisens erfordert, um so weniger kann Hand und Auge des Arbeiters entbehrt werden. Aus diesem Grunde ist man auch gegenwärtig da, wo mechanische Puddler noch angewendet werden, zu den einfachsten Constructionen gekommen, welche dem Arbeiter eben nur das Hin- und Herbewegen der Kratze abnehmen, übrigens ihm aber jeden Augenblick den Wechsel mit Handarbeit ohne Störung des Mechanismus gestatten.

---

[1]) Engineering 1874, Vol. 37, p. 341.

2. Rotirende mechanische Rührvorrichtungen.

Brooman's mechanischer Puddler. 1866 verliess Brooman zuerst die bis dahin stets versuchte directe Nachahmung der Handpuddelarbeit und wandte an Stelle der nur während so kurzer Zeit im Puddelofen benutzbaren Kratzen rotirende Werkzeuge an, welche das Eisen und die Schlacken gewissermaassen durcheinander quirlen und dabei mit der Luft in Berührung bringen sollten. Der grösste Fehler Brooman's war, dass er von vornherein viel zu grosse Complicationen anbrachte, indem er seinen Werkzeugen alle möglichen Formen geben, sie hohl machen und nach Analogie des Richardson'schen Verfahrens mit comprimirter Luft und anderen Gasarten versorgen wollte [1]). Ein solcher Apparat [2]) umfasst der Regel nach zwei durch die Thüren eines Doppelpuddelofens eingeführte Werkzeuge, welche mit Handgriffen versehen sind, in denen sie frei rotiren. Die Rotation wird von oben durch Riemen oder Schnüren vermittelt. Ein drittes keulenförmiges Instrument, welches durch das Gewölbe senkrecht in das Roheisenbad eingeführt werden soll, erhält eine feststehende Axe und empfängt seine Rotation direct vom Motor.

Dormoy's mechanischer Puddler. Ein ähnliches rotirendes Gezähe erdachte 1872 Dormoy [3]). Das 300 bis 800, selbst 1000 Umdrehungen pr. Minute zurücklegende Werkzeug sollte einfach in einen umlaufenden Riemen gehängt und an einem hülsenartigen Griff von dem Puddler geführt werden.

Drei Dinge sind es, welche trotz der guten Idee, die der Construction des Apparates zu Grunde liegt, eine nutzbringende Anwendung unmöglich machen. Erstens ist es zu schwer die Rotation der Apparate mit ihrer Beweglichkeit von Ort zu Ort zu vereinigen, und doch ist dies nöthig, um das Eisen überall gleichmässig durcharbeiten zu können. Zweitens ist ein Umherspritzen von Eisen und Schlacke im ganzen Ofenraum nicht zu vermeiden und daher eine schnelle Zerstörung des Ofengewölbes die Folge, so dass grosse mechanische Verluste nicht zu umgehen sind. Drittens ist der Kraftaufwand für den Arbeiter kaum ein geringerer, als beim Handpuddeln.

Dormoy ist offenbar in einem Irrthume befangen, wenn er glaubt, der Puddler könne mit dem von ihm erdachten Werkzeuge seine Arbeit ohne Kraftanstrengung ausführen. Vermuthlich wird vielmehr das Werkzeug bei stärkerem Widerstand des Eisens im Ofen, also bei der

[1]) Aehnlich construirte Ponsard, Mechanics Magazine 1870, p. 188, September, für Handpuddelöfen einen röhrenförmigen Rührer. Das eiserne Rohr war durch eine biegsame Kautschuk- oder Lederröhre mit einem mit Hahn versehenen Rohrstücke verbunden, welches die Zuleitung bildete und durch den Handgriff gelenkt wurde. Um besondere Reagentien einzuführen, war noch eine dieselben in Pulverform enthaltende Büchse angeordnet. — [2]) Mechanics Magazine 1867, 1. Hälfte, S. 388. — [3]) Polytechnisches Centralblatt 1872, S. 993.

Verdickung, den Puddler sehr bedeutend anstrengen. Diese Gründe sprechen so gegen das Verfahren, dass die sehr günstigen Nachrichten über Versuche in Frankreich und Oesterreich, wo in 24 Stunden durchschnittlich 24 bis 25 Sätze verpuddelt sein sollen, mindestens mit Vorsicht aufgenommen werden müssen. Andere dem Processe nachgerühmte Vortheile, wie die Erzeugung eines reineren Eisens als durch das Handpuddeln u. s. w., können wohl nur in der Einbildung des Erfinders beruhen.

c. Drehpuddeln.

Rotirende Oefen.

Unter den Apparaten, welche das Kratzen oder Rühren mittelst eines Instruments durch die Rotation des Ofens ersetzen, kann man zwei Arten unterscheiden, erstens diejenigen, bei welchen der Herd nahezu cylinderförmig ist und um eine mehr oder weniger horizontale Axe rotirt, und zweitens diejenigen, bei welchen der Herd scheibenförmig gestaltet ist und sich um eine mehr oder weniger verticale Axe dreht. Die ersteren nennt man Cylinder- oder Eiöfen, die letzteren Scheibenöfen. Als der Erfinder der rotirenden Puddelöfen ist der Schwede Oestlund anzusehen.

Oestlund[1]) construirte ein topfartiges Gefäss, welches um einen am Boden befestigten Stiel rotirte, wie dies Fig. 104 zeigt. *a* ist der im Innern entweder mit einer Masse von Quarz und Thon, oder mit einer Kruste von Frischschlacken bekleidete Topf aus Guss- oder Schmiedeeisen. An dem Stiel *d*, welcher in den Lagern *e* und *e'* läuft, ist das Getriebe *b'* befestigt. In dasselbe greift das durch den Motor bewegte Getriebe *b* ein. Das vordere Lager ist mit horizontalen Zapfen versehen, deren einer verlängert ist und das Getriebe *b* sowie die Transmissionsscheibe trägt. Mit dem Stiel ist durch einen zweiten Arm *g'* ein Zahnsegment *g* verbunden, in welches das durch Handkurbel bewegbare Getriebe *h* eingreift. Es kann also die Neigung der Axe des Apparates ohne Hinderung der Rotation verändert werden.

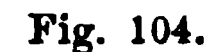
Der Apparat wird geheizt durch Gase, welche, im Generator *A* erzeugt, durch das Rohr *k* und das in den Muffen *m'* und *m''* drehbare Rohrstück *mo* strömen. Durch dieses letztere können sie nach Bedarf vor die Mündung des Topfes geführt werden, während im Innern des Rohres die aus *l* zugeleitete, erwärmte Luft entlang geht. Die Handhabe *n'* dient zur Ausführung der Drehung, welche durch ein Gegengewicht *n* erleichtert wird. Gas und Luft treten zusammen und die Flamme erfüllt das Gefäss. Die Platte *o* verschliesst die Oeffnung nicht, sondern

[1]) Jern Kontoret Anales 1859 und Oester. Jahrb. IX, S. 162.

schützt nur den Arbeiter vor zu arger Belästigung durch die aus dem Gefässe abgehende Flamme.

Das Roheisen wird im flüssigen Zustande eingefüllt, nachdem das Gefäss stark rothglühend gemacht war. Es werden dann einige Schaufeln Garschlacke eingesetzt und durch die Rotation des Gefässes einge-

Fig. 104.



Decimeter 10 5 0 1 2 Meter.

Oestlund's Puddeltopf.

rührt, wobei die Masse breiartig wird und sofort aufzukochen beginnt. In Finspong setzte man circa 50 bis 70 Kg Roheisen und 2 bis 3 Kg Schlacke ein. Hier begann das Aufkochen 5 Minuten nach erfolgtem Einsatz und dauerte etwa 10 Minuten.

Während des Aufkochens hilft man zuweilen mit der Krücke etwas nach, damit das Eisen sich nicht an die Wandungen setzt. Uebrigens

soll die Temperatur gerade so gehalten werden, dass das Roheisen beim Rotiren nicht mit herumgedreht wird, sondern bloss etwas aufsteigt und dann zurückfällt. Bei hinreichendem Flüssigkeitsgrade lässt sich dies durch die Schnelligkeit der Rotation nach Belieben erreichen. Wird das Eisen steif, dann erhöht man so lange die Temperatur, als es noch gelingt, dasselbe wieder in Fluss zu bringen. Dann wird die Masse mit der Kratze und Brechstange zu zwei Luppen geballt; der in Ruhe gestellte Topf wird gesenkt und die Luppen rollen hinaus. Der ganze Process dauert etwa $^1/_2$ Stunde. Das Maximum der Umdrehungen des Gefässes ist 60 pr. Minute.

Der Ofen fand keine weitere Verbreitung. Man hielt ihn in Schweden selbst wohl nicht für ökonomisch und in der That war der Fassungsraum auch ein zu geringer, um selbst unter sonst günstigen Umständen Erfolg zu versprechen. Aus diesem Oestlund'schen Puddelofen entwickelten sich indessen nun in schneller Aufeinanderfolge der Erfindungen die beiden oben genannten Arten rotirender Puddelöfen [1]).

1. Cylinderöfen.

Anthony Bessemer [2]) zu London scheint 1859 der Erste gewesen zu sein, welcher einen um seine horizontale Axe rotirenden Cylinder als Puddelherd anwandte. Er wollte denselben mit feuerfesten Steinen ausfüttern [3]) und beging dadurch einen, lange Zeit hindurch von allen seinen Nachfolgern nachgeahmten Fehler. Der Cylinder mit Gleitringen und einem gezahnten Reif versehen, ganz in derselben Weise wie die später zu beschreibenden Oefen, wurde durch eine Schraube ohne Ende umgetrieben. Er konnte auf einem Wagen rechtwinklig zu seiner Axe zwischen Esse und Feuerung aus- und eingefahren werden, ohne dass jene ihre Lage zu verändern brauchten. Während indess die Esse ganz feststand, ruhte die Feuerung auf Rädern, welche ein Fortfahren in der Richtung der Ofenaxe gestatteten.

Kanäle in der feststehenden Feuer- und Fuchsbrücke dienten zur Zuführung von Luft, Wasserdampf etc.; für die Schlacke war ein Abstichloch seitwärts von dem einen Gleitringe angebracht. In der Esse befand sich dem Fuchs entgegengesetzt eine Oeffnung, durch welche eine allerdings sehr lange Kratze in den Ofen gebracht werden konnte. Merkwürdiger Weise spricht Bessemer stets von einem Abstechen oder

[1]) Unpraktische Erfindungen, wie die eines hin- und herschaukelnden Puddelofens von Bessemer (conf. Génie industriel 1868, S. 41), der als Bessemerapparat bezeichnete Scheibenofen von Thal (conf. Berg- und Hüttenm. Zeit. 1865, S. 351) und andere werden nicht näher erläutert werden, wenn von der Verfolgung der dabei benutzten Principien, Mechanismen u. s. w. ein Fortschritt nicht zu erwarten ist. — [2]) Mechan. Magazine, Mai 1859, S. 317, wo sich eine gute Abbildung befindet. — [3]) Die innere Form sollte eiförmig werden.

Ausgiessen des Ofens nach Vollendung der Operation, was wohl beweist, dass die Idee desselben nie zu praktischer Ausführung gelangt oder bei den ersten Versuchen gescheitert ist, sonst könnte ihm die teigige Beschaffenheit des erzeugten Products nicht entgangen sein.

Erst 1865 nahm Menelaus, Director von Dowlais in Südwales, die Idee von Neuem auf. Er legte zwischen die auf Rädern fahrbare Feuerung und die feststehende Esse einen rotirenden Eisencylinder, den er im Innern aber nicht mit einem concentrischen Futter versah. Vielmehr gab er dem Herde die Form eines Cylinders mit divergirender, d. h. geneigter Axe. Da in Folge dessen bei der Rotation die Axe des Herdraumes beständig eine andere Neigung annehmen musste, sollte das Eisen nicht nur auf- und ab-, sondern auch hin- und herbewegt werden. Der Cylinder liess sich entweder durch Krahne herausnehmen, füllen und entleeren, oder blieb an seiner Stelle, während nur die Feuerung abgefahren wurde. Die Versuche mit diesem Puddelofen, welcher in vier Exemplaren zu Dowlais thätig gewesen und dort auch von dem Verfasser gesehen worden ist, wurden mehrere Jahre fortgesetzt, aber die Unmöglichkeit, ein haltbares Futter zu erzielen und den Uebergang der aus den feuerfesten Steinen abgeriebenen kieselsäurereichen Bestandtheile in die Schlacke zu vermeiden, veranlasste endlich ein vollständiges Aufgeben aller weiteren Bemühungen. Auch die Versuche an Stelle des zuerst benutzten feuerfesten Thons Sandstein (*Ganister*), ein Gemenge von gerösteter Puddelschlacke und Rotheisenstein, Gemenge von Grafit und feuerfestem Thon, von Kalkstein, Grafit und Steinkohlentheer anzuwenden, misslangen. Menelaus kann nichtsdestoweniger als derjenige angesehen werden, der zum ersten Male den Cylinderöfen zu praktischer Ausführung brachte.

Während die Versuche noch fortgingen, glaubten zahlreiche andere Erfinder wesentliche Verbesserungen durch einfache Formänderungen zu machen.

So wollte 1866 Bessemer die seiner Ansicht nach nur durch die Rotation des Gefässes entstehenden Nachtheile durch ein nur um eine horizontale Axe hin- und herschwingendes Gefäss vermeiden [1]).

Zu derselben Zeit [2]) construirte Morgan zu Brendon Hills einen Ofen mit rotirendem Cylinder, legte letzteren aber kippbar an, so dass er nur seine Lage, nicht seinen Ort zu verändern brauchte.

Der deutsche Metallurge Gurlt, welcher im Jahre 1865 die Arbeit in Dowlais sah [3]), schlug an Stelle des Futters aus feuerfesten Steinen oder Chamotte, ein solches aus Eisenerzen und Puddelschlacke vor, was übrigens auch Menelaus selbst schon gethan hatte. Er wollte, dass die eiserne Schale im Innern mit Längsrippen versehen, vertical in eine Dammgrube gestellt und mit einem Kern aus hohlem Eisen versehen

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1866, S. 155. — [2]) Loc. cit. — [3]) Berggeist 1865, No. 46. und 48. Berggeist 1870, Beilage zu No. 39, S. 251.

würde, dessen Aussenseite stark mit Eisenoxyd bekleidet und dann vorgewärmt werden sollte. Hierauf sollte die in einem Kupolofen umgeschmolzene Puddelschlacke in den Zwischenraum zwischen Kern und Schale abgestochen und dort erkalten gelassen werden. Die Schlacke sollte sich hierbei durch Sauerstoffaufnahme höher oxydiren. Gurlt's auf den richtigen Weg leitende Rathschläge verklangen ungehört, bis der Amerikaner Danks, das reichlich vorhandene Material zusammenfassend, aus Allem das Beste wählend, einen Ofen construirte, welcher der erste praktisch brauchbare geworden ist und daher eine eingehende Beschreibung verdient.

Danks' Ofen. Nach mehrjährigen Versuchen war 1871 Danks soweit gekommen, einen brauchbaren Puddelofen genannter Art herzustellen und auf den Railway Iron Works zu Cincinnati neun Exemplare derart in Betrieb zu setzen, dass der englische Verein für Eisen- und Stahlhüttenwesen [1]) eine Commission entsandte, welche den Ofen dort studirte, englische Roheisensorten darin probirte und durch ihre sehr günstigen Berichte dazu beitrug, die Einführung des Ofens in England so zu fördern, dass gegenwärtig bereits eine sehr grosse Zahl derartiger Oefen im Betriebe stehen [2]).

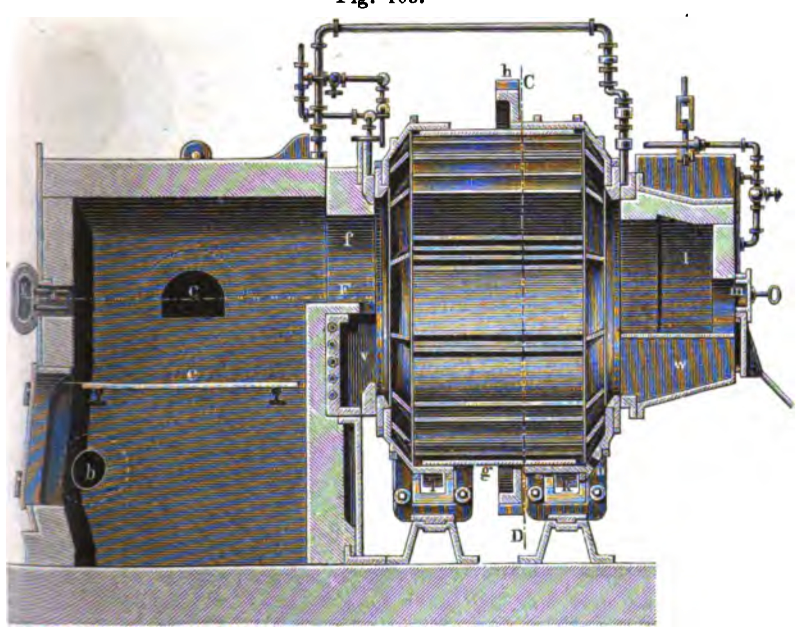
Der Ofen besteht aus einem horizontalen Cylinder, welcher zwischen feststehender Feuerung und einem drehbaren knieförmigen Fuchs eingeschaltet ist.

Ein solcher Ofen ist in den Figuren 105 bis 108 abgebildet. Der Mantel besteht aus zwei Stücken, welche zum Theil conisch, zum Theil cylindrisch sind, und den mittleren ganz cylindrischen aus einzelnen horizontalen Platten [3]) zusammengesetzten Theil *g* einschliessen. An die Enden des rotirenden Gefässes legen sich zwei gusseiserne, durch Wasser gekühlte Ringe an. Der Ofenmantel ist mit zwei Gleitringen versehen, welche auf vier Frictionsrollen *i* und *k* lagern und gleichzeitig die Fugen der den Mantel bildenden einzelnen Theile überdecken. Ein an der Triebwelle *q* einer Dampfmaschine angebrachtes Stirnrad *r* greift in den den Ofenmantel in der Mitte umgebenden Zahnkranz *h* ein. Die Lagerung der Betriebswelle ist aus dem Verticalschnitt Fig. 108 deutlicher ersichtlich.

Die Feuerung steht fest und gleicht der eines gewöhnlichen Puddelofens mit Planrost und Ober- und Unterwind. Der Rost *e* besteht aus einfachen Flachstäben, der Unterwind wird durch das Rohr *b* zugeführt, der Oberwind durch die Düsen *a*. Ventile *d* (Fig. 107) reguliren die Windmengen. Die Feuerthür *c* wird durch Wasser gekühlt, welches auch durch die Stützplatte der Feuerbrücke (unterhalb *F*, Fig. 105) strömt. An dieser letzteren ist ein gekühlter Ring von Hartguss befestigt, an welcher die Ringplatte des Herdes *g* gleitet. Die von Danks angewen-

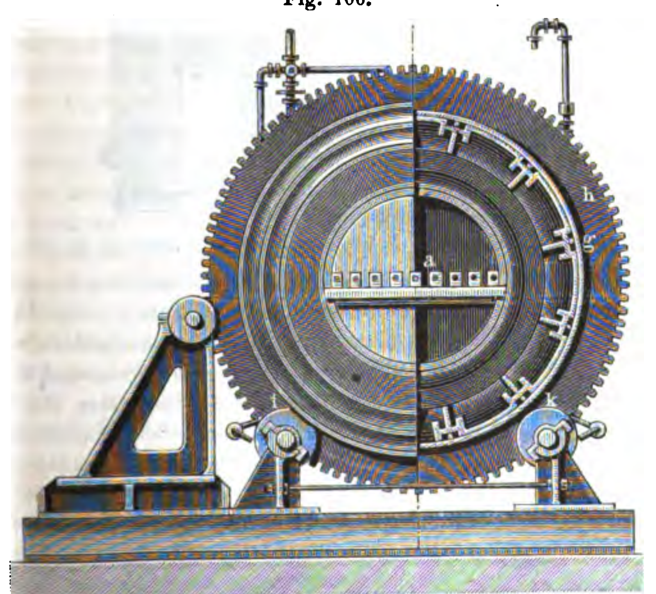
[1]) Conf. Journal of the Iron and Steel Institute. — [2]) Ing. Zeitschr. 1872, p. 297 und 376. — [3]) Die sich einzeln leicht auswechseln lassen, wenn sie sich werfen, reissen oder sonst beschädigt werden.

Fig. 105.



Danks' Ofen. Verticalschnitt nach AB (Fig. 107).

Fig. 106.



Danks' Ofen. Ansicht und Querschnitt nach CD (Fig. 105).

Decimeter 10 5 0 1 Meter.

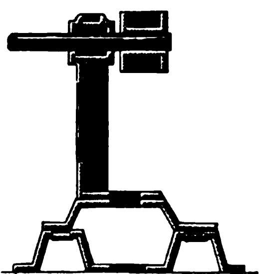
Maassstab für die Figuren 105 bis 108.

Fig. 107.

Danks' Ofen. Grundriss und Horizontalschnitt der Feuerung nach *EF* (Fig. 105).

dete Feuerung ist zwar nicht gerade in dieser Form durchaus erforderlich, aber doch sehr geeignet. Die Benutzung von Unter- und Oberwind gestattet eine leichte Regulirung der Verbrennungsintensität und bewirkt ausserdem eine Spannung der Gase im Innern des Ofens, welche den Eintritt der Atmosphäre in die unvermeidlichen Fugen erschwert oder verhindert.

Fig. 108.



Wellenlager.

Die Feuerbrücke trennt die Feuerung vom Ofen. Die Gase strömen aus dem Ofen durch einen rechtwinklig umgebogenen Fuchs zur Esse *P*. Das Kniestück *l* schliesst sich mittels einer schrägen Ebene oder einer gebogenen

Fläche an das an der Esse befestigte Endstück des Fuchses *o*, ist an Stangen aufgehangen und kann ohne Schwierigkeit fortgeschoben werden, so dass man in das Innere des Ofens zu gelangen vermag, so oft es erforderlich ist. Ein Schauloch *m* (Fig. 105) an der Biegung des Knies gestattet in den Ofen zu sehen und auch mit einer Stange behufs kürzerer Arbeiten hineinzureichen. Die Schlacke kann durch die Oeffnung *n* abgestochen werden.

Auf englischen Werken (z. B. Tees-Side-Hütte bei Middlesborough) hat man in die Esse einen stehenden Dampfkessel gelegt, welcher vollständig seinen Zweck erfüllt. Das Abnehmen des Kniestücks beeinträchtigt nur wenig die Dampferzeugung, wenn man nur sorgfältig den Schieber vorher schliesst, welcher sich in dem an der Esse festliegenden Fuchsstücke befindet.

Das rotirende Gefäss ist, wie dies schon Gurlt bei dem Menelaus'schen Ofen vorgeschlagen hatte, in seinem Innern mit vorspringenden Rippen versehen, welche dazu bestimmt sind, das Futter festzuhalten und zu verhindern, dass sich letzteres etwa bei stärkerer Zusammenziehung vom eisernen Mantel löse und in demselben gleite. Man trägt zuvörderst ein Bindemittel ein, welches aus einem möglichst kieselfreien, wasserfreien oder gerösteten Erze besteht, das mit Kalkmilch vermischt wird. Die Kalkmilch wird durch Löschen von reinem gebrannten Kalk in luftdichten Gefässen hergestellt. Am besten ist es dieselbe mit den Erzen unter Kollermühlen sorgfältig zu mischen bis sich eine plastische Masse bildet. Als Erz wendet man in England hierbei meist entweder die Rückstände vom Auslaugen kupferhaltiger Schwefelkiese [1]) an, welche im grossen Durchschnitt 94·6 Proc. Eisenoxyd enthalten, oder einen gerösteten Thoneisenstein (*Pottery-Mine*). Man trägt diese Mischung (*initial lining*) wie Mörtel meist in drei Abtheilungen ein, streicht sie glatt ab, so dass die Rippe etwa 2·5 cm hoch bedeckt ist, und lässt sie gehörig trocknen. Ebenso wird der hohle Raum an der Feuerbrücke *v* (Fig. 105) und der Boden des Fuchses *w* ausgefüttert. Ist das Futter in 4 bis 5 Stunden bei Feuerung ohne Wind getrocknet, so wird Hammerschlag aufgeschüttet und dieser unter lebhaftem Feuer bei langsamer Drehung des Ofens schnell eingeschmolzen. Er sickert ziemlich vollständig in die Grundfütterung ein. Auf dieses Bindemittel wird nun das eigentliche Futter (*fix*) aufgeschmolzen. Man nimmt auch hierzu ein möglichst kieselfreies Erz, im Uebrigen aber jede beliebige Art, wenn sie nur frei von Phosphor und Schwefel ist; auch pulverisirte Puddelschlacke ist mit Erfolg angewendet worden. Das Erz wird in einzelnen Abtheilungen angeschmolzen. Ist eine Abtheilung fertig, so wird der Ofen entsprechend gedreht und eine neue Abtheilung vorgenommen. Vor jedesmaliger Drehung werden in das eingeschmolzene Bad grosse Erzklumpen

[1]) Vergl. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XIX, S. 315.

eingeworfen, welche nach dem Erstarren der flüssigen Massen eine rauhe Oberfläche bilden und die wirksamen Angriffspunkte vermehren.

Diese Erzklumpen müssen frei von Quarz sein und hinreichende Festigkeit besitzen, um nicht im Feuer zu zerfallen, aus welchem Grunde man z. B. nicht oder wenigstens nicht jeden Titaneisenstein (Ilmenit) verwenden kann. Uebrigens ist der letztere auch deshalb nicht gut zu gebrauchen, weil die Titansäure die Schlacke so schwerschmelzig macht, dass sie nur unvollkommen beim Zängen ausgepresst werden kann. Schweissschlacke, welche man dadurch gewinnt, dass in dem Schweissofen statt des Sandes eine mit Erz bedeckte Eisensohle angewendet wird, soll den gleichen Zweck erfüllen [1]).

Die Mengenverhältnisse sind der Regel nach folgende: Auf das glasirte Grundfutter werden nach Entfernung des Kniezuges 150 bis 200 Kg beste Puddelschlacke oder gerösteter Thoneisenstein geworfen, worauf der Ofen sofort wieder geschlossen und langsam gedreht wird. Sobald das Erz anfängt klebrig zu werden, wirft man durch das Schauloch in den Ofen 5 bis 8 Kg Blechabschnitzel, Drehspäne und dergleichen Eisen, welches sich schnell oxydirt und das Erz verschlacken hilft. Ist das Erz hiernach ganz geschmolzen, so wird der Ofen zum Stehen gebracht, das Kniestück geöffnet und das Stückerz, im Ganzen etwa 150 bis 200 Kg, in ganz trocknen Klumpen eingebracht. Die Klumpen sollen 8 bis 16 cm aus dem Bade hervorsehen. Erst nachdem das Kniestück geschlossen, werden vermittelst einer Kratze durch das Schauloch die Klumpen gleichmässig vertheilt und das Bad erstarrt nun. In derselben Weise wird nach jedesmaliger Drehung des Ofens um einen Winkel von 20 bis 36° wiederholt verfahren, so dass der Querschnitt des Herdraumes ein Polygon wird. In den Fällen, in denen die hinreichende Stärke des Futters beim ersten Aufschmelzen nicht erreicht worden war, giebt man unter ganz denselben Vorsichtsmaassregeln Nachsätze von Schlacke. Während des ganzen Processes des Ausfütterns muss stets für starke Kühlung der Ringe Sorge getragen werden.

Der Ofen enthält nach Vollendung des Futters im Innern eine mehrseitige (meist 5- bis 8-seitige) prismatische Gestalt oder genauer ausgedrückt die eines polygonen Ellipsoids.

Snelus [2]) schlägt vor, da wo man sich geeignete Erze nicht verschaffen könne, zu diesem Zweck Schroteisen oder sogar Puddelluppen zu oxydiren und so ein geeignetes Material zu erzeugen.

Dasjenige Erz, welches sich am besten zur Herstellung des Schlackenbades bewährt hat, ist ein in grossen Mengen aus Bilbao in Spanien verschiffter, theilweis zersetzter Rotheisenstein.

---

[1]) Diese Angabe, welche zuerst von Snelus gemacht ist (confr. Bodmer, Mittheilungen über das mechanische Puddeln nach Danks, 2. Heft, S. 6), ist deshalb zweifelhaft, weil eine solche Schlacke eine sehr geringe Festigkeit hat, sich daher leicht zerdrücken lassen und abspringen wird. — [2]) Loc. cit.

Derselbe enthält im rohen Zustande:

Eisenoxyd	72·322
Thonerde	1·042
Manganoxydul (oxyd?)	1·201
Kalkerde	3·274
Magnesia	0·171
Schwefel	Spur
Phosphorsäure	0·089
Kieselsäure	5·054
Kohlensäure	4·150
Chemisch gebundenes Wasser	4·240
Hygroskopisches Wasser	7·770
	99·313
Metallisches Eisen	50·63

Als Stückerz dagegen hat sich der sehr feste Rotheisenstein vom Eisenberg (Iron Mountain) in Missouri am besten gezeigt. Er ist ein beinahe reines Eisenoxyd.

Es konnte nicht ausbleiben, dass der Ruhm, den Danks erntete, Andere nicht schlafen liess. Ja man suchte Danks, nachdem derselbe das Verfahren den Engländern verkauft hatte, sein Patentrecht streitig zu machen, nur um die Abgaben an denselben zu ersparen. Die meisten Veränderungen oder Verbesserungen späterer Apparate beziehen sich indessen nur auf die Form des Ofens oder auf die Feuerung. Der wichtigste Punkt, die Zusammensetzung des Futters, ist überall beibehalten worden. Hier werden nur diejenigen weiteren Apparate Erwähnung finden, welche praktische Resultate geliefert haben oder solche versprechen. Besonders sollen Versuche übergangen werden, welche jedenfalls Rückschritte zu einem bereits überwundenen Standpunkte sind, wie z. B. der Vorschlag Bodmer's[1]), eine Mischung von Thon und Grafit anzuwenden, welche jedenfalls im wesentlichen die Nachtheile der von Menelaus vergeblich versuchten feuerfesten Massen theilen würde.

Spencer's Ofen. Unter den Nachfolgern Danks' ist zuvörderst Spencer zu erwähnen[2]), welcher in West-Hartlepool-Hütte Oefen errichtete, die der Form nach sich ziemlich genau an den von Menelaus anschliessen. Indessen ist der Mantel aus einem vierseitigen Prisma gebildet, dessen Seitenwände aus hohlen eisernen Kästen, je 12 auf jeder Seite, bestehen und von gusseisernen Scheiben, an die sie angeschraubt sind, getragen werden. Die Kästen werden einzeln mit geschmolzener Puddelschlacke gefüllt, dann zusammengefügt und bei langsamer Rotation mit in einem besonderen Ofen vorher eingeschmolzener Puddelschlacke gekittet. Die innere Form ist ein gegen die Drehungs-

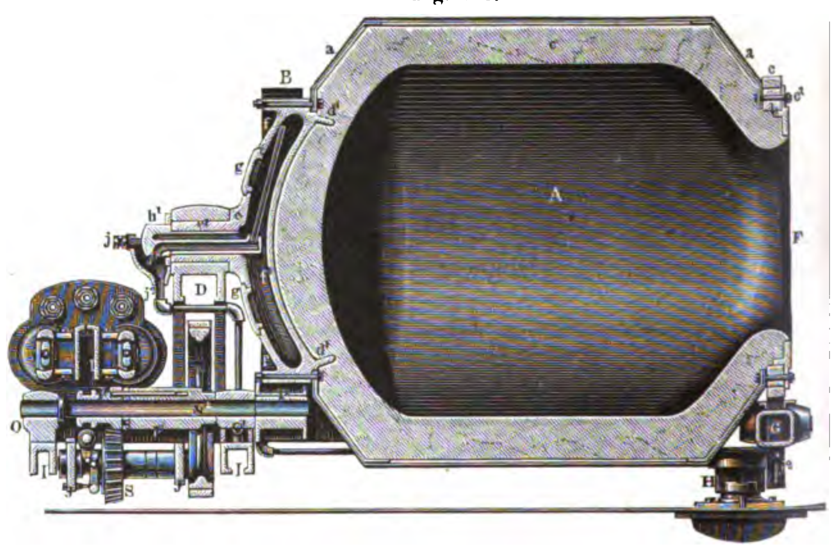
[1]) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1873, S. 684. — [2]) Engineering 1872, XIII, S. 244.

axe schief liegendes Prisma. Der Ofen erscheint complicirter als der einfache Danks'sche Ofen, in welchem die Kästen durch die Rippen gebildet werden und in dem man durch verschiedene Höhe der Rippen, wenn erforderlich, einen ebenso geformten Innenraum herstellen kann, wie im Ofen von Spencer.

Sellers' Ofen. Nicht unwesentlich hat William Sellers in Philadelphia den rotirenden Ofen umgestaltet. Sellers hat seinen Ofen, in ähnlicher Weise wie Siemens den Reductionsofen (vergl. S. 269), nur mit einer einzigen Oeffnung zum Ein- und Ausgange der Flamme versehen. Von der ursprünglich beinahe kugelförmigen Gestalt [1]) ist Sellers später auf die bekannte cylindrische oder ellipsoidische zurückgegangen.

Der Apparat, welcher auf der Industrie-Ausstellung zu Wien

Fig. 109.



Sellers' Ofen. Verticalschnitt.

1873 in gangbarem Modelle vertreten war, ist in den Figuren 109 bis 111 nach der Patent-Specification [2]) abgebildet.

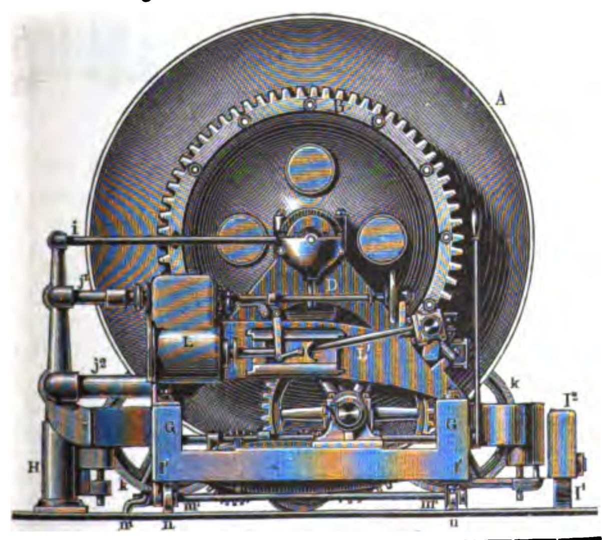
Das Puddelgefäss *A* (Fig. 109, 110 und 111) ist aus Blech hergestellt, cylindrisch mit conischen Enden *a*, welche nach innen gebogen zwei ringförmige Flächen bilden, deren jede geeignet für die Aufnahme des angeschraubten Triebrades *B* ist, so dass das Gefäss beiderseitig gebraucht werden kann. Das offene Ende des Gefässes ist mit einem schmiedeisernen Ringe *b* (Fig. 109) ausgerüstet, der seinerseits den aus Stahl hergestellten Gleitring *c* trägt, sowie den Dichtungsring *F*, mit

[1]) Cfr. Patent-Specification A. D. 1872, 14. Juni, No. 1799. — [2]) A. D. 1873, 11. September, No. 2982.

Fig. 110. (Sellers' Ofen. Obere Ansicht.)



Fig. 111. (Sellers' Ofen. Rückansicht.)

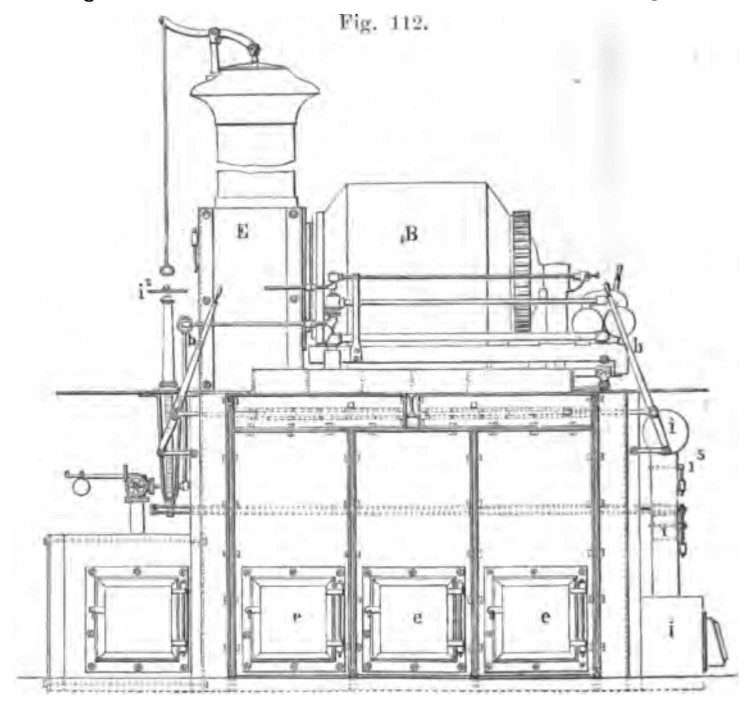


0 5 10 15 Decimeter.

welchem das Gefäss an die Feuerzüge anliegt. Rippen dienen, wie beim **Danks**'schen Ofen, zum Halten des Futters *C*, ebenso der vorspringende Ring *d'* an der geschlossenen Seite des Gefässes. Der hohle Boden *ff'* von sphärischer Gestalt, auf dem das Triebrad *B* festgekeilt ist, trägt den gleichfalls hohlen Zapfen *ee'*. Beides ist durch das vermittelst des Doppelrohres *hh'*, welches festliegt, aus dem Rohre *i* eintretende Wasser gekühlt. Die Schraube *j* sichert die Stellung des Zuleitungsrohres.

Am geschlossenen Ende ruht das Gefäss mit dem Lagerbocke *D*

Fig. 112.

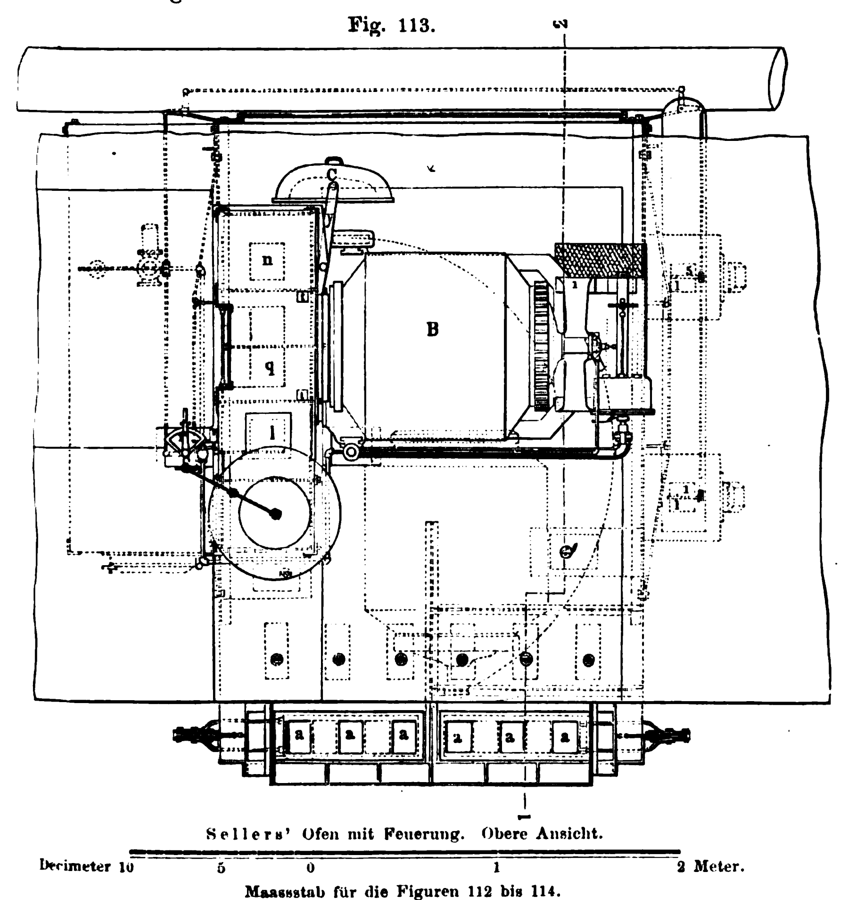


Sellers' Ofen mit Feuerung. Ansicht.

auf dem Rahmen *G* (Fig. 110), während es am offenen Ende auf den von demselben Rahmen getragenen Gleitrollen *k* (Figuren 110 und 111) liegt. Der Rahmen *G* ruht an drei Stellen auf, nämlich auf dem Drehzapfen *H* und den zwei Rädern *I* und *I'*, deren Axen radial zu den Zapfen liegen, so dass sich das Gefäss leicht um den genannten Zapfen drehen lässt. Die Construction ist so gewählt, dass sich das Gefäss ohne Schwierigkeit zu einer rechts- oder linksseitigen Bewegung ändern lässt, wobei nur der Rahmen umzudrehen ist. Die beiden Lagerböcke *l'* (Fig. 111) tragen die Excentrika *n*, durch welche die Fahrräder entlastet und das Gefäss während der Arbeit festgestellt werden kann. Es geschieht dies vermittelst der Handhabe *n'*.

Eine kleine gleichfalls mit dem Rahmen *G* fest verbundene Zwillingsdampfmaschine *L* bewegt durch Lenkstange und Krummzapfen das Getriebe *M*, welches seine Bewegung auf das Zahnrad *N* überträgt. Dasselbe läuft entweder lose auf der Welle *N'*, oder kann durch *p'* mit derselben verkuppelt werden, worauf es das am Ende befindliche Rad *P*, das Getriebe *B* und das Gefäss in Umdrehung bringt. Die Welle *N'* ruht in den Lagern *O* und *O'*. Das Rad *N* kann nun aber auch durch

Fig. 113.



Sellers' Ofen mit Feuerung. Obere Ansicht.

Decimeter 10 5 0 1 2 Meter.

Maassstab für die Figuren 112 bis 114.

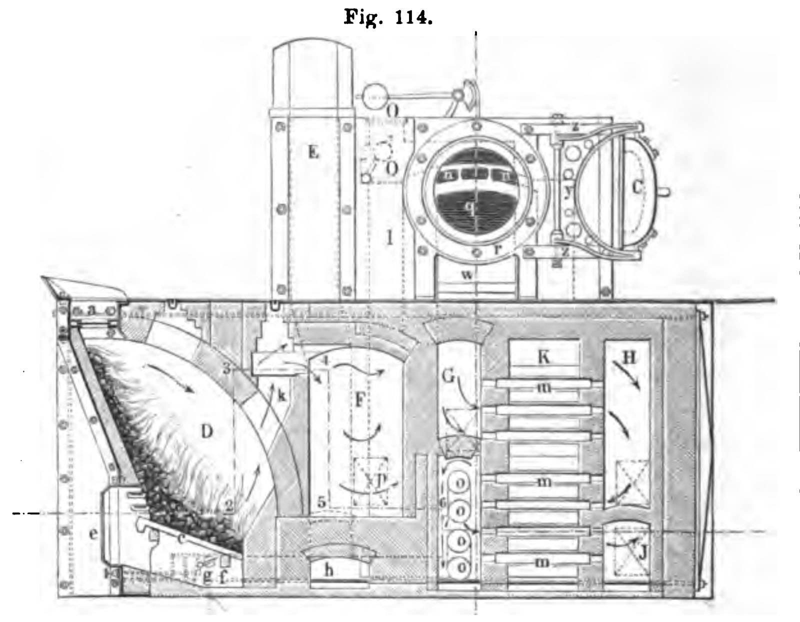
Heben des Rahmens *G* mit dem Getriebe *R* in Verbindung gesetzt werden und dadurch die Bewegung des Rahmens und somit des ganzen Gefässes veranlassen. Die Aus- und Einrückung zu dem einen oder anderen Zwecke geschieht von dem Maschinenwärter vermittelst eines kleinen Handhebels.

Dampf und Wasser nehmen ihren Weg durch den Drehzapfen und vertheilen sich, nachdem sie in Leitungsrohren parallel der Axe des Gefässes entlang geführt sind, durch *i*, *j'* und j^2.

Die Feuerung und der Anschluss des Ofens an dieselbe geht aus den Figuren 112 und 114 hervor. Das Gas wird in dem Generator *D* erzeugt. Derselbe besteht aus drei durch Scheidewände im Aschenfall getrennten Abtheilungen [1]), deren jede mit einem geneigten Rost *c* versehen ist, durch Klappen *a* beschickt und durch die Thür *e* gereinigt werden kann.

Das Gas geht durch den mit Schieber versehenen Kanal *k* zu dem Apparate, kann aber auch direct zur Esse geleitet werden. Im ersten Falle gelangt es zuvörderst in die Staub- und Condensationskammer *F*

Fig. 114.



Sellers' Ofen mit Feuerung. Verticalschnitt nach 1 — 2 (Fig. 113).

und daraus durch den senkrechten Kanal *l*, in dem sich ebenfalls ein Ventil *O* befindet. Die Verbrennungsluft nimmt ihren Weg durch das von den abziehenden Gasen erhitzte Rohrsystem *m m*, geht dann in die Sammelkammer *H* und darauf durch den senkrechten Kanal *n* (Fig. 113), um durch drei Oeffnungen unterhalb des Gaszutritts (Fig. 114) in das Puddelgefäss *B* zu gelangen. Dort wird die Haupthitze des Gasstroms verbraucht und die die Abhitze enthaltende Flamme geht durch den Kanal *q* abwärts, umspült die Heizröhren der Verbrennungsluft und kann noch zur Heizung eines Dampfkessels, welcher der Ofenmaschine den Dampf liefert, verwendet werden, ehe sie in den Schornstein *E* gelangt. Die Ventile i^2 dienen zur Regulirung des Gas-, i^1 und *i* zur Regulirung des Luftstroms.

[1]) Dieselben haben den Zweck, eine gleichmässige Vertheilung des Erzeugungswindes herbeizuführen, und eine Reinigung der einzelnen Abtheilungen ohne Betriebsunterbrechung zu gestatten.

Wird der Ofen von der Feuerung abgezogen, so würden die Gase ins Freie strömen oder direct zur Esse gehen müssen, also in dieser Zeit keinen Dampf erzeugen können. Um dies zu verhindern hat Sellers die ebenso einfache wie sinnreiche Erfindung gemacht, in dieser Zeit eine an der Krahnstange *y* befestigte schalenförmige Klappe *C* vor die Gasausströmungsöffnung zu bringen. Dieselbe überdeckt sowohl Gas- und Lufteintritts-, als Flammenausströmungsöffnung. Sie ersetzt also den Ofen. Generatorbetrieb und Dampferzeugung erleiden keine Störung, sobald nach Entfernung des Ofens diese Klappe vorgesetzt ist. Die Stellung des abgedrehten Ofens ist in Fig. 113 mit punktirten Linien angegeben.

Sellers füttert das Gefäss mit einem Gemenge von 100 Volumtheilen Erzklein, 20 Theilen hydraulischem Cement und 18 Theilen Wasserglas in circa 1 cm Dicke aus, überzieht das Futter bei Rothglut mit flüssiger Schlacke und setzt Stückerz zu, bis eine Kruste von circa 2 cm Dicke entstanden ist. Der Einsatz beträgt eine Tonne Roheisen, welches flüssig aus dem Kupolofen eingetragen wird. Der Ofen macht 8 Umdrehungen pr. Minute. Das Eisen soll in 30 Minuten gar werden [1]).

Pr. Tonne Eisen sind angeblich 175 bis 200 Kg Erze erforderlich, was hauptsächlich eine Folge der vielfachen Reparaturen bei der schnellen Abnutzung des Futters ist. Jeder Ofen wird durch 1 Mann und 1 Hülfsarbeiter bedient.

Die Erfahrung wird lehren, ob der genial erdachte und sinnreich durchconstruirte Sellers'sche Apparat für die Praxis nicht viel zu theuer ausfällt.

Howson und Thomas' Puddelofen. Der Puddelofen von Howson und Thomas hat als Herd einen aus zwei abgestumpften Kegeln zusammengesetzten rotirenden Ofentheil [2]), was den Vortheil bieten soll, das Eisen in die in der Mitte entstehende Rinne des Herdes zusammenziehen und kleinere Luppen erzeugen zu können.

Crampton's rotirender Puddelofen [3]). Der Ofen besteht aus einem rotirenden Cylinder, welcher durch einen ringförmigen Vorsprung, ziemlich in der Mitte seiner Längsstreckung in zwei Kammern getrennt ist. Der ganze Mantel ist hohl und wird durch Wasser gekühlt. Ein an einem langen Arm befestigtes bewegliches Fuchsstück ist zwischen Ofen und feststehendem, rechtwinklig zur Ofenaxe angelegtem Fuchskanal eingeschaltet. Wesentlich ist die Einführung von Kohlenstaub und Luft durch Röhren, welche in das dem Fuchs entgegengesetzte im übrigen ganz geschlossene Ende des Cylinders einmünden. Sie sind schräg nach der Peripherie gerichtet, damit die durch die Verbrennung erzeugten Ströme sich an den Wandungen brechen und gut mischen. Die erste Kammer dient daher lediglich als Verbrennungsraum und die

---

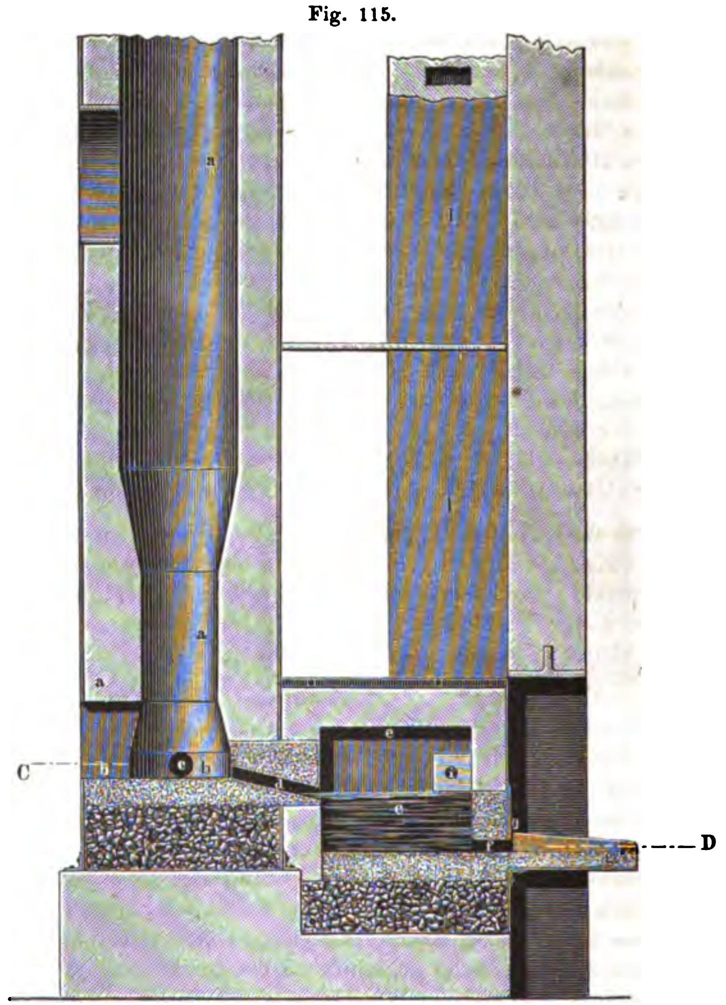
[1]) Officieller österreichischer Ausstellungsbericht: Das Hüttenwesen, Bericht von Kupelwieser, S. 5. — [2]) Journal of the Iron and Steel Instit. 1872 p. 102. — [3]) Specification A. D. 1872. 28. März, No. 931 von Thomas Russel Crampton.

Flamme wird erst, nachdem sie durch die Verengung des Ofens hindurch in die zweite Kammer geströmt ist, zum Puddeln verwerthet [1]).

Process.

Anfangs beabsichtigte Danks das Roheisen im Ofen selbst einzuschmelzen; der Brennmaterialaufwand fiel dabei aber sehr hoch aus

Fig. 115.



Swain's Kupolofen. Verticalschnitt.

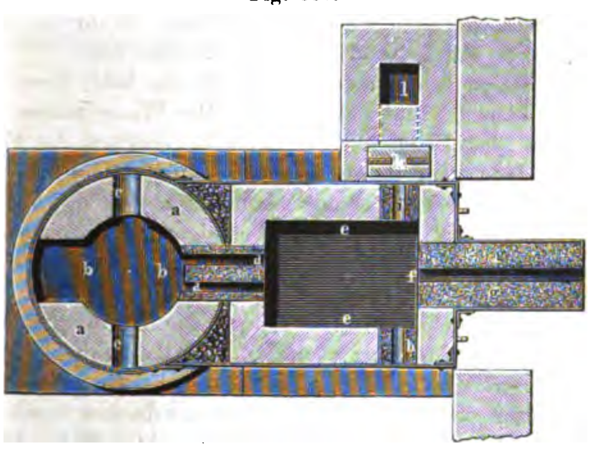
und das Ofenfutter wurde durch die bei der Rotation aufschlagenden

[1]) Neuerdings hat Crampton dieselbe Feuerungsmethode ohne Vorkammer für rotirende Puddelöfen zu verwerthen versucht.

Roheisenstücke schnell zerstört. Die englische Commission hatte gefunden, dass zum Schmelzen eines Satzes von circa 300 Kg 30 bis 50 Minuten gebraucht würden, was eine sehr lange Zeit ist. Man ist daher später dazu übergegangen, das Roheisen sofort im flüssigen Zustande anzuwenden. Man benutzt einen Kupolofen mit Sammelherd und zwar hauptsächlich die von Josiah Swain vorgeschlagene Modification, welche in den Figuren 115 und 116 [1]) dargestellt ist. Der Schmelzschacht hat eine geneigte Ofensohle *b*, über welcher die Formen *c* den Wind einblasen. Das geschmolzene Eisen sammelt sich in dem Reservoir *e*, in welches es durch die beiden Kanäle *d* gelangt. Die Verbrennungsproducte können durch das Reservoir *e* und den Kanal *i* in die Esse *l* entweichen und so das Eisen bis zu seinem Gebrauche heiss erhalten, davon aber auch leicht durch die Schieber *k* abgesperrt werden. *f* ist die Abstichsöffnung, *h* ein Schlackenloch.

Snelus [2]) hat die Resultate des Versuchspuddelns unter den Augen

Fig. 116.



Swain's Kupolofen. Horizontalschnitt nach *CD* (Fig. 115).

Decimeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

der englischen Commission in Cincinnati in kritischer Weise zusammengestellt. Hiernach ergiebt sich Folgendes:

Das Roheisen wurde in den noch von der vorigen Hitze warmen Ofen mit einer beträchtlichen Menge Stockschlacke und Walzsinter eingesetzt. Eine Durchschnittsprobe der Schlacke enthielt:

Eisen	59·5	Proc.
Unlösliche Substanzen (zum grössten Theil Ziegelstücke etc.)	14·4	„
Phosphor	1·04	„
Schwefel	0·20	„

[1]) Bodmer, Heft III, Taf. II. — [2]) Loc. cit.

Unter dem Eisen ist etwa 1·40 Proc. im metallischen Zustande enthalten.

Im Ganzen wurde nahezu das Doppelte [1]) an Garschlacke und Walzsinter verbraucht, als beim Processe gewonnen. Man hätte hiernach nöthig, anderweite Garschlacke herbeizuschaffen. Je mehr man davon zusetzt, um so weniger wird durch den chemischen Verlauf das Futter angegriffen.

Ist das Eisen ganz geschmolzen, so wird ein Wasserstrahl gegen die hinabgehende Seite des Futters gespritzt, um die Schlacke abzukühlen, die sich so besser mit dem Eisen mischen kann. Die Zeit vom Beginne des Einschmelzens bis hierher (etwa 10 Minuten nach vollendetem Einschmelzen bei grauem, nur 2 Minuten bei weissem Roheisen) entspricht dem Feinprocesse, während dessen, wie immer, Silicium und Mangan oxydirt werden. Diese Oxydation geschieht hier nur untergeordnet durch die Luft. Es giebt vielmehr hauptsächlich das Futter und das zugesetzte Eisenoxydoxydul den Sauerstoff unter Reduction zu Eisen ab um Kieselsäure und Manganoxydul zu bilden. Während dieser Zeit dreht sich der Ofen nur 1 bis 2 mal in der Minute um.

An der aufsteigenden Wandung bemerkt man bald, dass das Eisen sich verdickt. Dann beginnt das Kochen. Der Wasserzufluss wird abgeschlossen, das Abstichloch für die Schlacke geöffnet, das Feuer verstärkt und die bald ganz flüssig gewordene Schlacke je nach Bedarf entfernt. Oft muss der Puddler durch Zurückschieben des Metalls nach der Feuerbrücke zu (Pressen) das Aussaigern der Schlacke unterstützen. Gewöhnlich lässt man nur so viel Schlacke im Ofen, dass das Eisenbad schwach, aber vollständig davon bedeckt ist.

Nach erfolgtem Schlackenabstich wird die Oeffnung wieder mit einem Stück Thon geschlossen und der Ofen in Bewegung gesetzt (6 bis 8 Umdrehungen pr. Minute [2]). Man heizt so stark wie möglich bis sich das Eisen zu setzen und in Klumpen zusammenzubacken beginnt. Hiermit ist das Ende der Rohfrischperiode erreicht. Man schliesst den Zug und feuert gelinder. Sobald das Eisen grössere Ballen bildet, womit das Ende der Garfrischperiode erreicht ist, hält man den Ofen auf kurze Zeit an und lässt ihn dann der Regel nach noch 5 bis 6 mal langsam (2 bis 3 mal pr. Minute) umdrehen, um der erhaltenen Luppe hinreichende Consistenz zu geben. Will man mehrere Luppen erzielen, so muss man Handarbeit zu Hülfe nehmen, um das Eisen zu theilen, und nachdem dies geschehen, den Ofen schnell umlaufen lassen.

Die Gezähe, welche zur Bedienung des Ofens gehören, bestehen in einem grossen Einsatzlöffel, der den ganzen flüssigen Satz nebst Garschlacke hält und einen 3 m langen Stiel hat. Er wird mit Hülfe eines

---

[1]) 18·5 : 34·6. — [2]) Nur wenn das Kochen jetzt nicht energisch eintreten will, muss man noch weiter mit Wasser kühlen.

Drehkrahns, der vor jedem Ofen steht, gehoben, nachdem der Stiel in einen an einer Kette hängenden Haken gelegt ist. Zum Herausnehmen der fertigen Luppe dient eine Ausziehgabel, welche man zuvörderst auf die hohe Kante stellt, worauf der Ofen noch eine Dritteldrehung machen muss, so dass die Luppe auf die Gabel rollt. Die beladene Gabel wird dann mittelst Krahns angehoben, herausgezogen und seitwärts gedreht, wodurch die Luppe auf eine Transportgabel fällt. Mit dieser wird sie zur Luppenquetsche gebracht; sie besteht aus einem starken, nach oben gebogenen und mit einem langen Stiele versehenen Doppelhaken, ist in einer Kette aufgehangen und läuft mittelst Rollen auf einer Hängeschiene.

Zwei Mann handhaben mit dieser Gabel die Luppe ganz leicht.

Chemische Vorgänge.

Snelus giebt eine Reihe Analysen über den Verlauf der Arbeit im rotirenden Puddelofen bei Verwendung verschiedener Roheisensorten.

I.

A. Cleveland-Roheisen [1]).

	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Eisen	93·19	95·03	96·46	98·08	98·39	97·13
Grafit . . .	1·38	—	—	—	—	—
Kohlenstoff .	1·45	2·83	2·8	1·17	0·15	0·15
Silicium . .	1·24	0·82	0·20	0·05	0·98	0·14
Schwefel . .	0·11	0·09	—	—	—	0·04
Phosphor . .	1·49	0·91	0·58	0·52	0·45	0·47
Mangan . .	0·63	—	—	—	—	0·14
Titan . . .	—	—	—	—	—	0·94

a. ist das ursprüngliche Roheisen, b. dasselbe nach dem Einschmelzen, c. das Eisen 10 Minuten später, d. h. 20 Minuten nach dem Einschmelzen, e. die Luppe, f. der Luppenstab (Rohstab).

B. Puddelschlacke.

	g.	h.
Eisenoxydul	—	56·57
Eisenoxyd	—	6·85
Kieselsäure	21·54	6·73
Titanoxyd		18·50
Phosphorsäure	2·35	2·77
Schwefel	0·38	0·21

g. ist die Schlacke aus der Feinperiode vor dem Abstechen, h. solche nach beendetem Processe; in ersterer ist das Eisen nicht bestimmt worden.

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 807.

Es wurde noch folgende Probe vorgenommen: Aus dem Luppenstabe erhaltene Bohrspäne wurden im Stahlmörser zerstossen und abgesiebt. Es zeigt der gröbere metallische Theil *i* und das im Tiegel umgeschmolzene feinere Eisen *k* folgende Zusammensetzung:

	i.	k.
Eisen	99·54	—
Silicium	—	0·56
Schwefel	0·29	—
Phosphor	0·43	0·43

Der Luppenstab bestand daher nach Snelus aus 95·92 Proc. Eisen mit:

Eisen	94·69 Proc.
Silicium	0·56 „
Schwefel	0·26 „
Phosphor	0·41 „

und 4·52 Proc. Schlacke mit:

Eisenoxydul	3·12 Proc.
Schwefel	0·01 „
Phosphorsäure	0·14 „
Kieselsäure	0·33 „
Titanoxyd	0·92 „

II.

Roheisen von Coneygree.

	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Eisen	93·29	95·68	96·55	95·75	98·43	89·32
Grafit	2·74	—	—	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff	0·16	2·55	0·27	—	—	—
Silicium	2·53	0·92	0·07	0·38	0·19	0·91
Schwefel	0·13	0·11	0·29	0·05	—	—
Phosphor	0·63	0·36	0·18	0·25	0·22	0·39
Mangan	0·92	0·43	0·05	0·16	—	—
Titanoxyd	—	—	—	1·20	0·32	2·52

Hiervon ist a. das Materialroheisen, b. dasselbe nach dem Einschmelzen, c. das Eisen 5 Minuten später, d. Luppenstab mit bemerkenswerth viel Titan (Titanoxyd), e. grobe, f. feine Substanz des Luppenstabes nach dem Stossen und Absieben, die letztere mit sehr viel Schlacke, wie der Gehalt an Titanoxyd zeigt. Das Einschmelzen hatte eine ganze Stunde gedauert, daher war schon hierbei ein sehr grosser Theil von Silicium oxydirt und die eigentliche Feinperiode demgemäss auf 5 Minuten verkürzt worden. Die Luppenstäbe enthielten in Folge des unvollkommenen Zängeapparates viel Schlacke, die sogar mit blossem Auge auf dem Bruche erkannt werden konnte.

III.

A. Roheisen von Derbyshire [1]).

	a.	b.	c.	d.	e.
Eisen	92·51	95·68	97·75	98·07	96·68
Grafit	2·75	—	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff	0·36	2·90	1·35	0·15	—
Silicium	2·15	0·46	0·17	0·22	0·38
Schwefel	0·02	0·01	—	—	0·049
Phosphor	1·04	0·51	0·33	0·23	0·21
Mangan	1·00	0·14	0·03	—	0·06
Titanoxyd	—	—	0·13	0·52	1·11

a. ist das Materialroheisen, b. das Eisen 8 Minuten nach dem Einschmelzen, ehe die Schlacke abgelassen wurde; c. 20 Minuten nachher; da der Ofen kalt ging und das Futter sehr mitgenommen war, dauerte die Kochperiode länger als gewöhnlich; d. zeigt die Zusammensetzung eines Theils der Luppe, e. die des Luppenstabes.

B. Schlacken.

	f.	g.
Eisenoxydul	54·55	52·05
Eisenoxyd	4·30	3·86
Kieselsäure	17·57	11·87
Titanoxyd	12·40	14·80
Schwefel	0·25	0·16
Phosphorsäure	3·97	2·10

f. entpricht der Zeit nach b. und ist von der abgelassenen Schlacke entnommen; g. ist die Schlacke, welche mit der Luppe aus dem Ofen kam. Nimmt man an, dass die im Luppenstabe mechanisch eingemengte Schlacke die Zusammensetzung von g. habe, so würde, wenn man den resp. Gehalt an Titan zum Anhalten nimmt, seine Zusammensetzung sein:

93·54 Proc. Eisen mit:

Eisen	93·35	Proc.
Schwefel	0·04	„
Phosphor	0·15	„

6·43 Proc. Schlacke mit:

Eisenoxydul	4·28	Proc.
Schwefel	0·01	„
Phosphorsäure	0·15	„
Kieselsäure	0·88	„
Titanoxyd	1·11	„

und das Eisen, frei von Schlacke, würde bestehen aus:

Eisen	99·80	Proc.
Schwefel	0·4	„
Phosphor	0·16	„

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 809.

IV.

A. Strahliges Roheisen von Wales[1]).

Dieses Roheisen ist sehr unrein, da es fast ausschliesslich aus Puddel- und Schweissofenschlacken erblasen ist; es ist ein eigentliches Schlackenroheisen, mit hohem Phosphor- und Grafitgehalt, daher sehr grau. Das erzielte Schmiedeisen war dennoch von guter Beschaffenheit, nur etwas rothbrüchig, während man eher Kaltbruch hätte erwarten sollen.

	a.	b.	c.	d.
Eisen	93·88	97·47	98·83	—
Grafit	2·31	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff	—	1·29	—	—
Silicium	0·89	0·18	0·17	0·33
Schwefel	0·76	0·25	0·07	0·06
Phosphor	2·17	0·86	0·40	0·38
Mangan	0·12	—	—	0·06
Titanoxyd	—	—	—	Spur

a. ist das Materialroheisen, b. dasselbe nach dem Einschmelzen in 37 Minuten, c. das Eisen 10 Minuten später, d. der Puddelstab. Der Titangehalt ist kaum mehr wahrnehmbar.

B. Schlacke.

Kieselsäure	24·77
Schwefel	0·37
Phosphorsäure	3·36

Die Probe ist 3 Minuten vor der Eisenprobe c. genommen. Auffallend ist die grosse Menge Phosphor.

A[1]. Die Luppenstäbe

aus zwei anderen Hitzen desselben Roheisens hielten:

	a.	b.
Silicium	0·42	0·69
Schwefel	0·09	0·08
Phosphor	0·32	0·15
Mangan	0·06	0·64

B[1]. Schlacke.

Die entsprechenden Puddelschlacken:

	a.	b.
Eisen	—	54·85
Unlösliche Bestandtheile	21·06	20·49
Schwefel	0·42	0·38
Phosphorsäure	4·28	4·22

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 813.

V.

Frischereiroheisen aus Wales.

	a.	b.
Eisen	94·85	—
Grafit	—	—
Amorpher Kohlenstoff	2·51	—
Silicium	1·09	0·31
Schwefel	0·72	0·07
Phosphor	0·75	0·23
Mangan	0·20	0·03

a. ist gewöhnliches Frischereiroheisen von Dowlais, b. der daraus erzeugte, sehr sehnige Luppenstab.

VI.

A. Graues Frischereiroheisen aus Wales.

	a.	b.	c.	d.	e.
Eisen	92·88	98·28	98·69	92·83	98·03
Grafit	2·13	—	—	—	—
Amorpher Kohlenstoff	—	—	—	—	—
Silicium	3·24	0·48	0·39	1·29	0·27
Schwefel	0·10	0·02	—	—	—
Phosphor	0·22	0·06	0·05	0·16	0·06
Mangan	0·42	0·07	—	—	—

a. ist das gutartige graue Materialroheisen, welches gegenwärtig zur Blechfabrikation benutzt wird; b. der daraus dargestellte Luppenstab; ferner c. der gröbere und d. der feinere Theil des im Mörser gestossenen und abgesiebten Luppenstabeisens, endlich e. daraus gezogener Gitterdraht.

B. Schlacke.

Eisenoxydul	59·14
Eisenoxyd	20·94
Thonerde	1·76
Manganoxydoxydul	1·21
Kalkerde	0·25
Magnesia	0·42
Schwefel	0·33
Phosphorsäure	1·20
Kieselsäure	14·17

Der verhältnissmässig hohe Gehalt dieser Schlacke an Phosphorsäure, von welcher zwei andere Proben resp. 1·13 und 1·67 ergaben, rührt nicht aus dem Eisen her, sondern aus der zugeschlagenen Puddelschlacke, welche in diesem Falle durch einen reineren Zuschlag hätte ersetzt werden müssen.

Werden die Ergebnisse dieser Analysen mit den oben angegebenen Verhältnisszahlen combinirt, so erhält man das theoretische Ausbringen, welches sich bequem mit dem wirklichen Ausbringen vergleichen lässt.

I. Clevelandroheisen.

Es würde reduciren	Kohlenstoff .	3·18 × 6·22 =	19·77 Eisen
	Silicium . .	1·23 × 2·66 =	3·27 „
	Phosphor .	1·49 × 3 =	4·47 „
dazu	Eisen und Mangan	=	94·00 „
		Zusammen	121·51 Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Roheisen müssten 121·51 Kg regulinisches Eisen geben, wenn im Ofen kein Eisen oxydirt würde; in Wirklichkeit erhielt man 121·33 Kg Luppenstäbe; rechnet man davon 5 Proc. auf Schlacke, so würde das Ausbringen doch immerhin noch 118·63 Kg betragen haben.

II. Coneygreeroheisen

sollte sich wie folgt verhalten:

Es giebt	Kohlenstoff .	2·74 × 6·22 =	17·04 Eisen
	Silicium . .	2·25 × 2·66 =	5·98 „
	Phosphor .	0·632 × 3 =	1·89 „
dazu	Eisen und Mangan	=	94·20 „
		Zusammen	119·11 Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Roheisen müssten 118·87 Kg Luppeneisen geben können.

III. Derbyshireroheisen.

Es giebt	Kohlenstoff .	3·11 × 6·22 =	19·34 Eisen
	Silicium . .	2·15 × 2·66 =	5·71 „
	Phosphor .	1·04 × 3 =	3·12 „
dazu	Eisen und Mangan	=	93·52 „
		Zusammen	121·69 Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Roheisen müssten 121·44 Kg Eisen geben können.

IV. Strahliges Roheisen von Wales.

Es giebt	Kohlenstoff .	2·31 × 6·22 =	14·31 Eisen
	Silicium . .	0·89 × 2·66 =	2·36 „
	Phosphor .	2·17 × 3 =	6·51 „
dazu	Eisen und Mangan	=	93·99 „
		Zusammen	117·17 Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Roheisen müssten 116·93 Kg Luppeneisen geben können.

V. Frischereiroheisen von Wales.

Es giebt	Kohlenstoff .	2·51 × 6·22 =	15·61 Eisen
	Silicium . .	1·09 × 2·66 =	2·89 „
	Phosphor . .	0·66 × 3 =	1·68 „
dazu	Eisen und Mangan	=	95·05 „
		Zusammen	115·23 Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Roheisen müssten 115·00 Kg Luppeneisen geben können.

VI. Graues Frischroheisen von Wales.

Es giebt	Kohlenstoff . 3·23 × 6·22 =	20·09	Eisen
	Silicium . . 3·23 × 2·66 =	8·58	„
	Phosphor . . 0·21 × 3 =	0·63	„
dazu	Eisen und Mangan =	93·3	„
	Zusammen	122·35	Gewthle. Eisen,

d. h. 100 Kg Einsatz würden 122·35 Kg Luppeneisen geben können.

Oekonomische Resultate.

Obwohl Danks und mit ihm viele Andere einen wesentlichen ökonomischen Vortheil in der Anlage rotirender Puddelöfen zu erblicken glauben, so liegt doch die Sache gegenwärtig noch nicht unzweifelhaft günstig. Wo man hohe Arbeitslöhne zahlen muss und reichlich kieselsäurefreie oder phosphorarme reine Erze besitzt, ist an dem Erfolg nicht zu zweifeln. Wo aber die beiden Bedingungen nicht zutreffen, wird noch oft der Handpuddelbetrieb günstigere Resultate liefern. So zeigt es sich schon jetzt, dass in Zeiten der Lohnsteigerung der Drehpuddelofenbetrieb an Ausdehnung gewinnt, in Zeiten der Lohnverminderung beschränkt werden muss.

Lester hat die Kosten des Processes im rotirenden Ofen mit denen des gewöhnlichen Puddelns verglichen. Hiernach ergeben sich für 100 Kg Puddelrohstäbe folgende Resultate:

A. Handpuddelofen.

1.	Roheisen 102·5 Kg	11·32	Rmk.
2.	Kohle 135 Kg	1·44	„
3.	Futtererze 40 Kg	0·90	„
4.	Lohn des Puddlers	1·10	„
5.	Zängen und Auswalzen	0·32	„
6.	Abnutzung (Zinsen)	0·56	„
	Summa A. pr. 100 Kg Puddelstäbe	15·64	Rmk.

B. Rotationspuddeln.

1.	Roheisen 95 Kg	8·36	Rmk.
2.	Kohle 110 Kg	1·26	„
3.	Futtererze 25 Kg	0·52	„
4.	Lohn des Puddlers	0·50	„
5.	Zängen und Auswalzen	0·42	„
	Wiedererhitzen	0·42	„
6.	Abnutzung (Zinsen)	0·56	„
	Summa B. pr. 100 Kg Puddelstäbe	12·04	Rmk.

Der Preis des Roheisens unter B. ist geringer als unter A. angenommen, um auszudrücken, dass man durch jenen Process billigeres Eisen verarbeiten könne. Würde man den gleichen Preis annehmen, so kä-

men 10 Rmk. 49 Pf. für Roheisen, also in Summa 14 Rmk. 17 Pf. und wenn man den Aufwand an Zinsen, wie wohl richtiger, auf 2 Rmk. 3 Pf. setzt, in beiden Fällen 15 Rmk. 64 Pf., d. h. ein gleicher Preis heraus.

Jones[1]) kommt zu ähnlichen Resultaten; er findet, dass sich unter Annahme einer wöchentlichen Production von 600 Tonnen Luppenrohstäben die Anlagekosten für 50 gewöhnliche Puddelöfen auf circa 654 000 Rmk., für 12 dasselbe leistende Danks'sche Oefen einschliesslich dreier Kupolöfen zum Umschmelzen des Roheisens auf 684 000 Rmk. stellen. Die Selbstkosten sind nach ihm pr. 1000 Kg Luppenstäbe wie folgt:

A. Im gewöhnlichen Ofen.

1070 Kg	Roheisen (zu 50 Rmk.)	53·50	Rmk.
1219 „	Kohle für den Ofen	6·58	„
203 „	„ „ Maschinen etc.	1·08	„
254 „	Herdmaterial (zu 20 Rmk.)	5·00	„
25 „	Schrot	1·25	„
	Arbeitslohn	16·00	„
	Neben- und Generalkosten (einschliesslich Zinsen)	7·50	„
		90·91	Rmk.

B. Im Danks'schen Ofen.

915·5 Kg	Roheisen	46·83	Rmk.
1473 „	Kohle für den Puddelofen } zusammen 1930		
254 „	„ „ „ Wärmofen } zusammen 1930	10·50	„
203 „	„ „ die Maschine } zusammen 1930		
307 „	Ofenfutter (zu 20 Rmk.)	6·17	„
27 „	Schroteisen	1·33	„
	Arbeitslohn	13·50	„
	Neben- und Generalkosten (einschliesslich Zinsen)	7·50	„
		85·83	Rmk.

eine Summe, welche sich nach Jones' Ansicht bald auf 80·50 Rmk. stellen wird.

Tappe[2]) berechnet für westfälische Verhältnisse bei einem Roheisenpreise von 84 Rmk. pr. 1000 Kg die Kosten pr. 1 Tonne Luppenstäbe im gewöhnlichen Ofen auf 128·88 Rmk., im rotirenden auf 134·10 Rmk., also letztere sogar höher.

Die Mitglieder einer belgischen Commission, Taskin und Tahorn[3]), haben folgende Kostenberechnung angestellt:

A. Altes System.

40 Oefen zu 2400 Rmk.	96000	Rmk.
4 Hämmer	40000	„
	136000	Rmk.

---

[1]) Zeitschrift deutscher Ingenieure Bd. XVI, S. 369. — [2]) Berggeist 1872, No. 25. — [3]) Polytechnisches Centralblatt 1873, S. 250.

B. Danks'sches System.

Nach dem Berichte, welcher von der Commission erstattet wurde:

12 Oefen nebst Maschinen	120 000	Rmk.
2 Reservekessel	20 000	„
3 Kupolöfen nebst Zubehör	24 000	„
1 Quetsche	20 000	„
	184 000	Rmk.

oder

Nach dem Berichterstatter:

10 Oefen à 10400 Rmk.	104 000	Rmk.
2 Kessel	20 000	„
3 Kupolöfen	24 000	„
1 Quetsche	22 000	„
Erfindungsprämie	52 000	„
	222 000	Rmk.

Die Löhne werden folgendermaassen verglichen:

A. Altes System.

80 Puddler	à 6·4 Rmk. pr. Tag	= 512	Rmk.
80 Gehilfen	à 4 „ „ „	= 320	„
		832	Rmk.

B. Neues System.

1. Nach dem Bericht.

12 Aufseher	à 6·4 Rmk.	= 76·8	Rmk.
12 Maschinisten	à 3·2 „	= 38·4	„
12 Schürer	à 3·2 „	= 38·4	„
36 Tagelöhner	à 3·2 „	= 115·2	„
		268·8	Rmk.

2. Nach dem Berichterstatter.

10 Aufseher	à 6·4 Rmk.	= 64	Rmk.
10 Maschinisten	à 3·2 „	= 32	„
10 Schürer	à 3·2 „	= 32	„
10 Tagelöhner	à 3·2 „	= 32	„
		160	Rmk.

d. h. eine Ersparniss von 201600 Rmk. pr. Jahr von 300 Arbeitstagen an Arbeitslohn. Dazu kommt eine Ersparniss an Kohlen in 10 Oefen von 35 000 Kg.

Der Bericht schliesst folgendermaassen:

„Alles zusammengefasst, werden die ersten Anlagekosten nicht wesentlich höher sein, als diejenigen der alten Apparate; aber die Selbstkosten werden ohne jeden Zweifel durch die Substitution von mechanischer Arbeit an Stelle der menschlichen Kraft, und, daraus folgend, durch die grössere Schnelligkeit des Processes, sowie durch die verminderte Arbeiterzahl beträchtlich verringert werden."

Endlich möge noch die Ansicht Lürmann's[1]) Platz finden. Nach derselben erfordert ein rotirender Puddelofen nach Danks'schem System, welcher sammt Dampfmaschine und Generator ein Fundament von 3·66 m Länge, 3·66 m Breite und 1·52 m Tiefe in Anspruch nimmt, in Middlesborough circa 11300 Rmk. an Kosten. Dazu kommt ein stehender Kessel mit acht sogenannten Gallowayröhren, welcher etwa 45 qm Heizfläche, 9·70 m Höhe, 1·10 m äusseren und 0·63 m inneren Durchmesser hat und circa 5000 Rmk. kostet.

Zwölf Oefen verlangen drei Umschmelzkupolöfen, mit einem Fundamente von 7·62 m Länge, 2·44 m Breite, 1·25 m Tiefe. Dieselben drei Oefen kosten einschliesslich eines Root'schen Gebläses und eines Aufzuges 70000 Rmk.

Bei geschmolzenem Eisen hält das Futter 40, bei ungeschmolzenem nur 7 Hitzen aus.

Der Einsatz ist durchschnittlich 960 Kg Roheisen, welches 40 bis 50 Minuten zum Einschmelzen, dagegen nur 30 bis 40 Minuten zum Puddeln braucht. Mit dem Besetzen (5 bis 10 Minuten) dauert also eine Hitze so lange wie im gewöhnlichen Ofen, giebt aber eine dreimal so schwere Luppe. Ohne Einschmelzen dagegen ergiebt ein rotirender Ofen doppelt so viel Eisen, wie ein gewöhnlicher. Im grossen Durchschnitt kann man 12 rotirende Oefen gleich 40 gewöhnlichen Puddelöfen setzen.

Der Kohlenverbrauch beträgt 50 Kg auf 100 Kg fertiges Eisen, also etwa die Hälfte wie beim gewöhnlichen Puddelofen und einschliesslich der auf das Umschmelzen aufgehenden Schmelzkoks 65 bis 70 Kg.

Lürmann glaubt, dass ein wesentlicher Vortheil des Danks'schen Ofens in der Verminderung des Eisenabganges liege, weil durch feuerfestes, d. h. kieselsäurehaltiges Futter kein Eisen verschlackt werde, dass sich ferner noch günstigere Resultate erzielen lassen würden, sobald es gelinge, die ungetheilte Luppe ohne Vorhämmern auszuwalzen, dass aber trotzdem der ökonomische Vortheil nur sehr gering sein werde, weil der Ofen nur den Dampf zu seiner eigenen Bewegung producire und nicht, wie der Handpuddelofen, auch den zur Bewegung der Walzwerke etc.

Mag nun auch gegenwärtig noch die ökonomische Frage je nach dem Stande der Arbeitslöhne und der Eisenpreise bald zu Gunsten, bald zu Ungunsten der Einführung rotirender Oefen an Stelle der Handpuddelöfen entschieden werden können, so hat sich doch in England die Entscheidung schon soweit zu Gunsten der ersteren gestellt, dass sich die Zahl der Drehpuddelöfen stetig vermehrt. Bereits im Mai 1874 befanden sich gegen fünfzig rotirende Puddelöfen in Arbeit. Es bestanden bei Hopkins, Gilkes & Co. zu Middlesborough 12 rotirende Pud-

[1]) Zeitschrift für deutsche Ingenieure XVII, S. 505.

delöfen, auf der Hütte der Erimus Iron Company ebendaselbst 12 und auf dem Werke der North of England industrial Iron Company zu Stockton 8, endlich bei Robert Heath in Nord-Staffordshire 6 derartige Oefen.

Vielfach neigt man sich jetzt einer Combination der Crampton'schen Feuerung mit dem Danks'schen Cylinder zu, lässt also einfach die Vorverbrennungskammer des Crampton'schen Ofens fort. Hinsichtlich des Materials ist man zwar zum Theil zur Verwendung rohen im Wasser granulirten Roheisens übergegangen, zum grössten Theil ist man aber bei der Benutzung flüssigen, im Kupolofen erschmolzenen Eisens stehen geblieben, fügt aber stets Eisenoxydoxydul in reichlicher Menge zu, offenbar weil der anfangs so gerühmte, jedenfalls aber unrationelle Verbrauch des Futters selbst, sich auch als unökonomischer herausgestellt haben wird, wie der Zusatz des zur Oxydation erforderlichen fremden Materials. Insofern ist man also wieder auf die Vorgänge des Handpuddelns zurückgegangen. Am leichtesten lässt sich ein Zusatz von Eisenoxydoxydul noch bei der Verwendung des granulirten Roheisens entbehren, da dasselbe sich beim Einschmelzen in Folge der grossen der Oxydation sich darbietenden Oberfläche in hohem Maasse bildet.

Im Uebrigen darf man sich nicht falschen Voraussetzungen hingeben über noch andere Vortheile, welche dieser Process gewähren soll. Als solche Vortheile führt man gewöhnlich an: Höheres Ausbringen und bessere Qualität des ausgebrachten Eisens.

Das Ausbringen ist grösser, als beim gewöhnlichen Puddelofen, nur in Folge der reichlichen Menge des aus dem Ofenfutter reducirten Eisens. Wenn daher auch für dieses Quantum Eisen der Hochofenprocess gespart wird, so ist es doch oft nur möglich, mit so grossen Kosten die für den Process erforderlichen kieselsäurearmen und reinen Futtererze zu beschaffen, — welche beim gewöhnlichen Puddeln, wo die Luft allein den nöthigen Sauerstoff zuführt, ohne Nachtheil ganz fortfallen können —, dass der ganze Vortheil hierdurch wieder aufgewogen wird. Dass diese Erze durch geeignete oxydoxydulreiche Schlacken vertreten werden können, ist zwar vom chemischen Gesichtspunkte aus richtig, in mechanischer Beziehung bieten sich aber grosse Schwierigkeiten, weil die meisten Schlackenklumpen, auch wenn sie durch langsame Abkühlung, z. B. in Blechkästen, erhalten werden, viel zu spröde sind. Da nicht das kieselsaure Eisenoxydul reducirt wird, sondern nur das damit gemengte oder darin gelöste Eisenoxydoxydul, so verschwindet sehr bald jeglicher Vortheil, ja man kommt in entschiedenen Nachtheil gegen einen combinirten Hochofen- und Frischprocess, sobald man gezwungen ist, kieselsäurereichere Erze zu benutzen.

Was ferner die behauptete Darstellung eines besseren Eisens durch den rotirenden Ofen betrifft, so kann sich dies, — abgesehen von dem Vortheil, der dadurch erwächst, dass jedes thonhaltige Ofenfutter vermieden ist und sich daher auch nicht Theile desselben wie beim Hand-

puddelofen ablösen können [1]), — nur auf Phosphor und Schwefel beziehen. Wendet man Erze an, welche von diesen Stoffen reiner sind, als das Roheisen, so wird das aus denselben reducirte Eisen das aus dem Roheisen allein erpuddelte Eisen verbessern. Ferner wird die Abscheidung einer phosphorhaltigen Rohschlacke bei dem reichlichen Ueberfluss an vorhandenem Eisenoxydoxydul im rotirenden Puddelofen im Anfange des Processes mehr begünstigt, als beim Handpuddeln, wo die Rohschlacke erst allmälig aus einem Bisilicat in ein Singulosilicat übergeht und dann erst Entphosphorung eintritt. Später lassen sich Schwefel und Phosphor bekanntlich nur noch durch Luppensaigerung entfernen. Hier bieten die grossen Luppen des rotirenden Puddelofens viel mehr Schwierigkeiten als die kleinen des Handpuddelofens, übrigens aber trifft die Behauptung Snelus' zu, dass das Eisen um so besser ausfalle, je höher die Temperatur sei.

2. Telleröfen.

Der Erste, welcher Telleröfen anwendete, scheint Bedson gewesen zu sein. Offenbar bewährte sich desselben Ofen nicht, denn 1866 construirte er im Verein mit Williams einen anderen Ofen, welcher in Fig. 117 [2]) abgebildet ist. Der Herd *ee* ist kreisförmig, mit aufgebogenem Rande versehen und hohl construirt. Er ist an einer stehenden Welle *g* befestigt und rotirt, während die Puddelkrücke festgestellt ist. Die Welle läuft auf einem Spurzapfen und in dem Halslager *i*. Mit der oberen Platte des hohlen Bodens ist das Rohr *k* verbunden, welches durch das Gewölbe des Ofens geht und dort durch den Wasserabschluss *lm* gedichtet wird. Das Kühlwasser strömt durch das Rohr *n*, welches bis nahe zum Boden *e* reicht ein, vertheilt sich durch die kurzen Röhren *cc*, steigt in *k* auf, fliesst durch das Rohr *t* wieder ab und wird in der kreisförmigen Rinne *p* aufgefangen. Der Boden wird durch die Rollen *q* gestützt. Das concentrische Steinfutter *r* schützt das Wasserrohr über dem Herde vor der Einwirkung der Flamme. Der Motor überträgt die Bewegung durch das Getriebe *s* auf die stehende Welle. Der Apparat hat keine Verbreitung gefunden.

Trotz dieser ungünstigen Ergebnisse und der grossen Schwierigkeiten, einen tellerförmigen Herd besser einzurichten, hat man die Bestrebungen fortgesetzt. 1858 [3]) nahm Joseph Maudslay zu Lambeth ein Patent auf einen rotirenden Puddelofen, dessen kreisförmiger Herd durch einen zapfenartigen Vorsprung in der Mitte einen ringförmigen Arbeitsraum erhielt. Der Herd rotirte um eine geneigte Welle, deren Winkel beliebig verstellbar war. Transmission und Stellvorrichtung be-

---

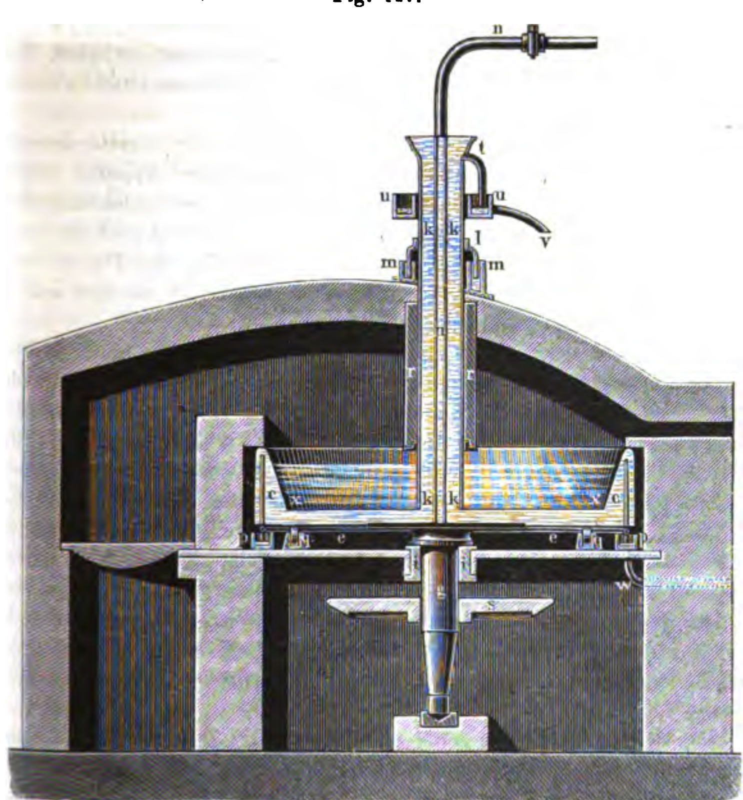
[1]) Worauf Tunner allerdings einen besonderen Werth zu legen scheint. Vergl. Oesterreich. Jahrbuch Bd. 21, S. 4 und 5. — [2]) Zeitschrift deutscher Ingenieure Bd. IX, S. 112 und Revue universelle 1864, second sémester p. 576. — [3]) Specification A. D. 1858, 25. Juni No. 1436.

fanden sich auf einem Wagen, vermittelst dessen der ganze Herd zwischen den feststehenden Feuerzügen aus- und eingefahren werden konnte.

Aber auch Maudslay konnte die Schwierigkeit nicht überwinden, welche sich herausstellte in dem mangelhaften Anschluss der Herdwände an die rotirende Sohle.



Fig. 117.



Bedson und William's Tellerofen.

Ehrenwerth hatte 1873 auf der Wiener Industrie-Ausstellung einen Tellerofen vorgeführt, bei welchem der Eintritt der Luft durch einen am Herdkranze befestigten Blechcylinder abgeschlossen werden sollte. Der Blechcylinder tauchte in ein ringförmiges mit Wasser versorgtes Bassin [1]).

Neuerdings hat Pernot [2]) einen Ofen construirt, von dem günstige Resultate erwartet werden. Derselbe soll namentlich den Uebelstand

[1]) Kerpely, Das Eisen auf der Wiener Weltausstellung, S. 176. — [2]) Revue universelle, 18 ann. tome 35, 1874, p. 199, und Berg- und Hüttenm. Zeitung 1874, S. 201.

des Danks'schen Ofens beseitigen, nur grosse Luppen herstellen zu können oder die bereits fertige Luppe zertheilen zu müssen. Pernot hat wie Maudslay den Tellerherd geneigt aufgestellt und zwar von der Feuerbrücke zum Fuchs. Das an der ersteren aus dem Schlackenbade hervortretende Eisen soll hier oxydirt werden und dann wieder in die Schlacke tauchen. Der ganze Herd sammt Axe und Zubehör kann auf einem Wagen zwischen Feuerung und Esse herausgezogen werden. Die früher schwer empfundenen Mängel der Dichtung zwischen Herd und Wänden will Pernot durch gepresste Gase (Unterwind und Feuerung) zwar nicht vermindern, aber unschädlich machen.

Molinos, welcher diesen Ofen in einer Sitzung der Société des ingénieurs civils [1]) beschrieb, theilt mit, dass Pernot den Apparat erdacht habe, weil die Schwierigkeiten, die grossen Luppen des Cylinderofens zu bearbeiten und die Nothwendigkeit, dafür einen sehr kostspieligen Zängeapparat, sowie Wärmöfen zu errichten, die Einführung des Danks'schen Processes in ein bestehendes Werk beinahe unmöglich machen und die fast völlige Neuconstruction einer Hütte erfordern.

Er giebt die Zusammensetzung des Puddelwerks zu Stockton (Erimus) wie folgt an: 2 Kupolöfen, 12 rotirende Danks'sche Puddelöfen, 2 Luppenheizöfen, 2 Zängedampfhämmer à 12 Tonnen, 2 mächtige Walzwerke, 1 Quetsche nach Danks' System, 4 Hülfskessel —, und meint, dass der Danks'sche Ofen erst günstige Resultate bei gleichzeitigem Einsatz von 300 Kg Roheisen gebe, ja dass noch bessere Resultate bei 500 Kg erreicht werden würden. Die ungefähr ebenso schweren Luppen erhalten aber schon im ersten Falle bei circa 1 m Länge 0·3 bis 0·4 m Durchmesser und erfordern daher ungemein kräftige Walzwerke.

Die Zertheilung solcher Luppen vor dem Walzen in einzelne Theile nach Art der Schirbeln bei den Deulen vom Herdfrischen lässt sich nicht in derselben Hitze durchführen und erfordert besondere Nachheizung.

Alle diese Uebelstände sollen nach Molinos bei dem Tellerofen fortfallen. Derselbe soll bei dem Vorhandensein einer feststehenden Thür leicht die Zertheilung des Eisens in mehrere Luppen durch einen Arbeiter, der das Werkzeug gegen die Thürpfosten stemmen kann, gestatten, wodurch es möglich werde, Oefen für 800 bis 1000 Kg Einsatz zu construiren und dann wie beim Bessemerprocess die Wärme so zu concentriren, dass der Brennmaterialverbrauch wesentlich sinke.

Die Operation wird folgendermaassen beschrieben:

Der aus genietetem Blech hergestellte Tellerherd wird mit Eisenoxyd in verschieden grossen Stücken bis zur Dicke des Lagers von 5 bis 6 cm bedeckt. So vorbereitet wird der Herd eingefahren und möglichst an die Deckplatte der Feuerbrücke angeschlossen. Ist der Ofen weisswarm, so verbrennt man Eisenabfälle (*riblons*) unter Zuleitung

[1]) Revue universelle, Bulletin 18 ann. Tome XXXV, p. 199.

von Wind; ist das gebildete Eisenoxydoxydul (in etwa 1 Stunde) geschmolzen, so lässt man den Herd langsam (3 bis 4 Mal pr. Minute) umgehen, während gleichzeitig der Arbeiter den Rand zurecht macht.

Für einen Satz von 500 Kg braucht man:

1.	Zum Einschmelzen des vorher rothglühend gemachten Eisens	35 Min.
2.	„ Frischen	30 „
3.	„ Umsetzen des Eisens	25 „
4.	„ Luppenmachen (7 bis 8 Stück) und zum Zängen	30 „
5.	zur Reinigung des Rostes und Reparatur des Herdes	30 „
	Zusammen	2 St. 30 Min.

Der Process wird im Uebrigen unter Anwendung eines Wasserstrahls vor Beginn des Rohfrischens wie im Cylinderofen ausgeführt. Von unten wird der Herd an der höchsten Stelle beständig durch einen gegengespritzten Wasserstrahl gekühlt.

In einem solchen Ofen zu Saint Chamond will man in einer Woche bei 11 Hitzen 20000 Kg Eisen erzeugt und pr. 1000 Kg 1030 Kg Roheisen sowie 1200 Kg Kohle verbraucht haben.

Wenn der Berichterstatter glaubt, dass eine vollkommene Fugendichtung unnöthig sei und meint, dass die Erfahrung selbst einen Zwischenraum von 3 bis 4 cm als nicht nachtheilig bewiesen habe, so scheint diese Annahme sehr gewagt. Bei einem hinreichenden Gasdrucke im Innern des Ofens wird zwar eine Einströmung atmosphärischer Luft vermieden werden können, aber es wird dies um so schwieriger zu erreichen sein, als bei dem Tellerofen, abweichend von dem während der Arbeit geschlossenen Cylinderofen die Arbeitsthür fast beständig geöffnet sein muss. Nach den bisherigen Erfahrungen ist trotz der angegebenen Vorzüge daher nicht anzunehmen, dass die Telleröfen die Cylinderöfen überflügeln werden.

Schlussfolgerung über den Puddelprocess.

Der Puddelprocess hat den Herdfrischprocess gegenwärtig soweit verdrängt, dass der letztere für die Erzeugung des schmiedbaren Eisens keine wesentliche Rolle mehr spielt. Der für den Puddelprocess benutzte Ofen ist nach und nach verbessert worden, ohne die längste Zeit des Bestehens hindurch wesentliche Aenderungen zu erfahren. Erst die Einführung des rotirenden Herdes hat eine ganz neue Form geschaffen.

Die Feuerungsanlagen haben sich in den meisten Fällen in der allereinfachsten Form am besten bewährt. Da, wo das Brennmaterial

material verhältnissmässig kostspielig ist, wurde mit Erfolg die Gasfeuerung benützt, welche so viele Vortheile bietet, dass in ihrer Einführung — überall — nur ein Fortschritt zu erkennen ist.

Die Benutzung der Abhitze aus den Oefen wird kaum noch irgendwo unterlassen und es würde als ein entschiedener Rückschritt zu bezeichnen sein, wenn man — wie dies anfänglich bei den rotirenden Oefen für erforderlich gehalten wurde — davon absehen wollte. Im Einzelnen sind in dieser Beziehung noch mancherlei Fortschritte und Verbesserungen nöthig, welche indessen erst dann mit Erfolg durchgeführt werden können, wenn man eingehendere und hinreichend genaue Vergleiche zieht über den Brennmaterialverbrauch bei Anwendung verschiedener Methoden unter sonst ganz gleichen Umständen.

Der Puddelofen ist ein sehr schlechter Schmelzapparat. Der schon von Cort gemachte, später von Daelen [1]) und neuerdings von verschiedenen Seiten wiederholte Vorschlag, das Roheisen in einem anderen Apparate einzuschmelzen oder flüssig aus dem Hochofen in den Puddelofen zu bringen, hat sich theils wegen des heftigen Angriffes des Herdes, theils wegen der allzusehr erschwerten Arbeit bei Handpuddelöfen nicht mit ökonomischem Vortheil durchführen lassen, ist aber bei den rotirenden Oefen zur Nothwendigkeit geworden.

Alle Versuche, das Eisenoxydoxydul, welches der Regel nach am vortheilhaftesten durch Oxydation vermittelst des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft hergestellt wird, in seltenen Fällen in natürlichem Vorkommen angewendet werden kann, durch andere Oxydationsmittel zu ersetzen, sind gescheitert und die Resultate der ausgeführten Versuche geben keinen Anlass, sie fortzusetzen.

Sind hiernach beim Puddelprocesse in seiner gegenwärtigen Gestalt wohl noch weitere Fortschritte nach mannigfachen Richtungen möglich, so liegt doch der Schwerpunkt in der Vermeidung oder Verminderung der Handarbeit. Der Versuch, die Handarbeit durch mechanisch bewegte Instrumente zu ersetzen, ist nur in einzelnen, besonders hierfür günstigen Fällen mit Erfolg gekrönt worden. Weit mehr verspricht der rotirende Ofen und es unterliegt nur geringem Zweifel, dass der vor den Telleröfen den Vorzug verdienende Cylinderofen noch mehrfacher Vervollkommnungen fähig, dann aber geeignet ist, die Handarbeit ganz zu ersetzen.

So darf man wohl behaupten, dass der rotirende Cylinderofen als der Apparat zu bezeichnen ist, welcher am meisten Aussicht hat, der Träger weiterer Fortschritte im Puddeln zu sein. Fragt man aber nach denjenigen Punkten, auf welche zur möglichst vollkommenen Erreichung des Ziels hierbei das Augenmerk der Hüttenleute gerichtet werden muss, so ergiebt sich Folgendes:

---

[1]) Daelen wollte zwei fahrbare Cupolöfen für je zehn Puddelöfen anwenden. Dieselben sollten über die letzten hinfortgeschoben werden können und das flüssige Eisen durch Trichter, welche im Gewölbe angeordnet sein sollten, entleeren. Vergl. Dingler polytechnisches Journal Bd. 183, S. 460.

Ein von der Handarbeit unabhängiger Process wird um so vollkommener ausfallen, mit je grösseren Maassen er gleichzeitig vorgenommen werden kann. Je grösser die Roheisenmassen sind, welche gleichzeitig oxydirt werden, um so weniger Wärme geht dabei verloren; denn sowohl die durch die Oxydation selbst erzeugte, als die von dem Brennmateriale mitgetheilte überträgt sich in um so geringerem Verhältnisse durch Strahlung und Leitung an die Wände des Ofens oder geht durch die entweichenden Gase verloren, je bedeutender die gleichzeitig verarbeitete Roheisenmasse ist. Man wird daher dahin zu streben haben, möglichst grosse rotirende Cylinderöfen einzurichten und diese mit bereits geschmolzenem Roheisen zu speisen. Dann wird der Brennmaterialverbrauch auf das geringste mögliche Maass sinken, trotzdem — was nicht zu verkennen ist — grade der rotirende Ofen ein für das Zusammenhalten der Wärme äusserst ungünstiger Apparat ist, ja ein entschieden schlechterer Apparat, als der gewöhnliche Handpuddelofen.

Leider setzen sich der Ausführung von Verbesserungen in dieser Richtung zwei Schwierigkeiten in den Weg. Die erste liegt darin, dass zur ordentlichen Ausführung des Puddelns eine Erkaltung der Massen, eine Verdickung des Eisens beim Beginn der zweiten oder Kochperiode herbeigeführt werden muss. Damit wird der Vortheil der hohen Wärmeentwickelung, welche hauptsächlich in der Oxydationsperiode des Siliciums und Mangans, d. h. der Feinperiode stattfindet, wieder aufgehoben. Die zweite Schwierigkeit liegt in der Behandlung der aus sehr grossen Roheisenmassen erhaltenen Luppen. Eine Zertheilung des fertigen Eisens im Ofen gelingt nur mit so grossem Aufwande an Handarbeit, dass der Vortheil der mechanischen Arbeit mindestens zum Theil wieder verloren geht; eine nach dem Herausnehmen aus dem Ofen ausgeführte Zertheilung führt zu so starker Abkühlung, dass eine nochmalige Erhitzung und damit ein bedeutender Brennmaterialaufwand nicht zu umgehen ist.

Denkbar ist es wohl, dass durch zweckentsprechende mechanische Mittel der letzte Uebelstand vermindert oder ganz umgangen werde; der erste dagegen liegt so sehr in der Natur des Processes, dass wenig Aussicht auf Beseitigung vorhanden ist.

Im folgenden Abschnitte wird gezeigt werden, dass beim Bessemern eine solche Abkühlung nicht nöthig, ja nachtheilig ist und daher auch ein Wärmeverlust dadurch nicht herbeigeführt wird, dass ferner eine Zertheilung des Products leicht durchzuführen ist, weil dasselbe im flüssigen Zustande gewonnen wird. Man sieht schon im voraus, dass der Bessemerprocess in beiden Richtungen weit vollkommener ist, als der Puddelprocess in allen Modificationen und mit allen gegenwärtig denkbaren Verbesserungen.

Aber man darf — wenn man hiernach geneigt sein möchte, dem Bessemerprocess den unbedingten Vorzug zu geben — nicht vergessen, dass die beiden genannten Uebelstände des Puddelns im rotirenden Ofen

auch gerade den Vortheil in unmittelbarem Gefolge haben, den schlimmsten Feind des Eisens, den **Phosphor**, in ziemlich bedeutendem Maasse abscheiden zu können, in der Rohschlacke vor Beginn des Kochens, in der Saigerschlacke nach Fertigstellung der Luppe. Dieser Vortheil geht beim Bessemern gänzlich verloren und darin liegt die Begründung der **verhältnissmässig** geringen Ausdehnung, welche das Bessemern gegenüber dem Puddeln bisher gewonnen hat.

Wenn nun auch vor Erörterung des Bessemerprocesses der Weg nicht verständlich gemacht werden kann, auf welchem weitere Fortschritte möglich sein werden, so lässt sich doch schon hier andeuten, dass in einer Combination des Bessemerprocesses mit dem Puddelprocesse, also in einer Vervollkommnung des **Bessemerprocesses** die richtige Bahn betreten wird.

Man kann daher alle Verbesserungen, welche an den Puddelöfen, in der Benutzung der Abhitze u. s. w. gemacht werden, ja man kann das ganze Puddeln im rotirenden Ofen nur als solche Verbesserungen ansehen, die ein **Nothbehelf** sind, so lange der Bessemerprocess nicht auf einen vollkommeneren als den gegenwärtigen Standpunkt gebracht ist, und man darf nicht glauben, dass selbst unter den günstigsten Umständen für das Puddeln, der Bessemerprocess je wieder entbehrlich werden würde.

D. Das Bessemern.

Der Bessemerprocess beruht auf der Entkohlung des flüssigen Roheisens vermittelst zahlreicher durch dasselbe hindurch gepresster Windströme. Er wird meist in retortenähnlichen, Birnen genannten Gefässen ausgeführt, durch deren Boden die Luft eindringt, seltener in feststehenden Oefen, durch deren Seitenwand nahe am Boden die atmosphärische Luft in das Eisen gelangt.

Das Roheisen wird zum Theil flüssig aus dem Hochofen entnommen, der Regel nach aber in Kupol- und Flammöfen umgeschmolzen.

In Bezug auf die chemischen Vorgänge im Allgemeinen unterscheidet sich der Process nicht von den übrigen Frischprocessen. Auch bei ihm giebt es eine Fein-, eine Rohfrisch- und eine Garfrischperiode. Ein wesentlicher Unterschied beruht aber darin, dass in Folge der grossen Menge (meist zwischen 3000 und 10000 Kg) gleichzeitig der Oxydation ausgesetzten Materials die durch Verbrennung von Silicium, Eisen und Mangan entwickelte Wärme so zusammengehalten wird, dass das schliesslich erzielte Product sich auch bei fast völliger Entkohlung noch im flüssigen Aggregatzustande befindet und daher giessen lässt.

Im Einzelnen finden sich vielfache, wesentlich durch die hohe Temperatur und die Art der Arbeit bedingte Unterschiede von den anderen Frischprocessen, welche namentlich darin beruhen, dass sich der Phosphor gar nicht, der Schwefel nur unvollkommen entfernen lässt, dass auch bei einer vollständigen Entkohlung noch Mangan im Producte zurückbleibt und dass das Product schon Sauerstoff enthält, ehe noch der Rest des Kohlenstoffs entfernt ist.

Bei dem schnellen Verlaufe des Processes, der selbst bei den grössten Roheisenmengen der Regel nach 25 Minuten nicht überschreitet, selten eine halbe bis dreiviertel Stunde dauert, ist es noch schwieriger, als bei dem Herdfrisch- und Puddelprocesse, ein Eisen von einem bestimmten höheren Kohlenstoffgehalte festzuhalten, d. h. also Stahl zu erzeugen. Man pflegt der Regel nach daher ein sehr niedrig gekohltes oder ganz entkohltes Eisen darzustellen und dieses erst wieder durch Zusatz von

kohlenstoffreichem Eisen (Spiegeleisen) in Stahl zurückzuführen, eine Arbeit, welche dem folgenden Kapitel der Flussstahlerzeugung angehört.

Die Ausführung des Processes in dieser letzteren Weise nennt man die englische Methode, wogegen die Fortführung der Entkohlung nur bis zu dem Gehalte des Stahls die schwedische Methode heisst. Der Regel nach gleicht daher der Bessemerprocess einer Dreimalschmelzerei auf Schmiedeisen, seltener einer Zweimalschmelzerei auf Stahl. Arbeiten, welche einer Zweimalschmelzerei auf Schmiedeisen oder einer Einmalschmelzerei auf Stahl entsprechen, kommen nur annäherungsweise dann vor, wenn man ein siliciumärmeres, weisses, nicht wie gewöhnlich ein siliciumreiches graues Roheisen verwendet, und man muss in diesen Fällen den Mangel an entstehender Wärme durch Ueberhitzung des angewendeten Materials, Einblasen von Kohlenstaub und dergleichen mehr ersetzen.

Das erzeugte Schmiedeisen wird in dem Gefässe selbst einer weiteren Bearbeitung unterworfen und zwar der Regel nach durch Zusatz von Spiegeleisen höher gekohlt, d. h. in Stahl zurückgeführt, in einzelnen Fällen durch Zusatz von Eisenmangan mit nur geringem Kohlenstoffgehalte seines Sauerstoffs beraubt, ohne einen wesentlich höheren Kohlungsgrad zu erlangen. In allen Fällen wird das Product aus dem Gefässe in eine Sammelpfanne abgelassen und aus dieser in Formen gegossen. Beim Erstarren hält es Gasarten zurück, welche zahlreiche Blasenräume bilden, und es muss daher vor dem Gebrauche durch Dichthämmern (Dichten) von jenen befreit werden.

Geschichte des Bessemerns.

Die Einwirkung der atmosphärischen Luft auf flüssiges Roheisen ist sowohl in Bezug auf ihren oxydirenden Einfluss, als auf die dabei stattfindende Wärmeentwickelung längst vor der Erfindung des Bessemerns bekannt gewesen. In einzelnen Fällen hat man auch die energische Wirkung beobachtet, welche die Luft äussert, wenn sie unter die Oberfläche eines Eisenbades gelangt. Niemand hat indessen daran gedacht diese Vorzüge praktisch zu verwerthen und das volle Verdienst, dies zuerst gethan und die dazu erforderlichen Apparate erdacht zu haben, gebürt dem Engländer Henry Bessemer.

Eine einzige, ziemlich gleichzeitige Erfindung des Amerikaners Martien ist zuweilen als die eigentliche Originalerfindung bezeichnet worden [1]), aber, wie das Folgende zeigen wird, nicht mit Recht.

Am 15. Septbr. 1855 erhielt Joseph Gilbert Martien aus Newark (New Jersey), damals zu London, ein Patent auf Verbesserungen in der Eisen- und Stahlbereitung [2]).

[1]) Auch Percy (Iron p. 810) scheint diese Ansicht zu theilen. — [2]) A. D. 1855, No. 2082.

Hiernach soll das aus einem Hochofen oder einem Feinfeuer abgestochene flüssige Eisen durch atmosphärische Luft oder Dampfstrahlen, welche unterhalb desselben eingeführt werden und dasselbe vor seinem Erstarren vollkommen durchdringen, gereinigt werden. Zur Ausführung dieses Processes soll das Eisen durch Kanäle, deren Böden durchlocht sind, zu dem Appparate geleitet werden, in dem es weiter verarbeitet wird, oder es sollen die Formen und Sammelgefässe in derselben Weise eingerichtet sein, so dass zahlreiche Luft- oder Dampfstrahlen durch das flüssige Eisen hindurchgehen können. Die Kanäle sollen dabei zur Vermeidung von Wärmeverlust nöthigenfalls bedeckt werden.

Martien bemerkt, dass man vor ihm wohl schon Luft- und Dampfstrahlen auf die Oberfläche des zu feinenden Eisens geführt habe [1]), dass man auch solche Ströme unter das Eisen im Puddelofen zu führen vorgeschlagen habe, sein Patent beziehe sich aber lediglich auf die Reinigung des im flüssigen Zustande aus dem Hochofen oder Feinfeuer kommenden Eisens. An eine Entkohlung dachte Martien ebensowenig, als an die bei der Oxydation entstehende bedeutende Wärmeentwickelung.

Das Patent wurde von der Ebbw-Vale-Eisengesellschaft in Südwales gekauft und der dortige Hüttenmeister Parry war bemüht, das Verfahren weiter auszubilden; er legte zu diesem Zwecke — es geschah dies etwa ein Vierteljahr vor Bessemer's erstem Patente — in den Herd eines Flammofens mehrere parallele und an der Oberfläche gelochte Röhren, 80 bis 100 an Zahl. Dann wurden Drähte in die Löcher gesteckt und um diese ein Boden aus feuerfestem Thon gestampft. Die Drähte wurden alsdann herausgezogen, der Ofen ward allmälig erhitzt, Gebläseluft in die Röhren gelassen und nun der Ofen mit $1^1/_2$ Tonne flüssigem Roheisen vom Hochofen besetzt. Eine heftige Reaction trat ein, aber das Metall brach durch den Ofen und die Wiederholung des Versuchs wurde nicht beliebt.

Percy schliesst die Schilderung dieses Versuchs mit den Worten: „Glücklich für Bessemer!“ So liegt die Sache aber doch nicht. Dieselbe Erfahrung, welche Parry allerdings vorbedacht machte, hatte Eck schon zehn Jahre vorher durch Zufall gemacht [2]). Keiner von Beiden verstand sie auszubeuten. Daher bleibt das Verdienst Bessemer's ungeschmälert; denn es ist eben keine Erfindung zu nennen, wenn Jemand die Idee hat, ein an sich bekanntes Naturgesetz praktisch zu verwerthen, ohne doch in der Lage zu sein, die richtigen Mittel zur Ausführung angeben zu können.

Ebensowenig trifft das zu, was Clibborn in einem an der irischen Akademie gehaltenen Vortrage [3]) behauptet, dass nämlich die Japanesen den Bessemerprocess schon vor 300 Jahren ausgeführt hätten. In der

---

[1]) Vergl. S. 41. — [2]) Vergl. Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XI, S. 232. — [3]) 26. Mai 1862.

englischen Uebersetzung von Mandelslo's Reisebeschreibung aus dem Jahre 1639[1]) wird angegeben, dass die Japanesen das in eine mit Erde ausgefütterte Tonne abgestochene Gusseisen dadurch für einen längeren Guss flüssig halten, dass sie beständig darauf blasen.

Hier dient offenbar die bei der Oxydation erzeugte Wärme nur dazu, dem flüssigen Eisen die durch Leitung und Strahlung verloren gehende Wärme so lange zu ersetzen, bis alle Güsse vollendet sind.

Weit näher war Nasmyth dem Ziele gekommen, der in der That eine Entkohlung des im Puddelofen eingeschmolzenen Eisens durch eingeleitete Wind- oder Dampfströme erstrebte[2]). Aber auch er wählte die falschen Apparate zur Erreichung des Zwecks, indem er ein einfaches gebogenes Rohr benutzte, welches der Arbeiter in der Hand führen sollte.

Bessemer selbst hat über seine Erfindung Mittheilungen gemacht[3]), aus denen hervorzugehen scheint, dass ihm alle die Vorgänge, deren Kenntniss ihn wohl leichter und schneller zum Ziele geführt hätte, vollkommen unbekannt waren, ja er thut selbst den merkwürdigen Ausspruch, dass er, wäre er Eisenhüttenmann gewesen, nie auf die Idee gekommen wäre[4]).

Bessemer suchte nach einem Wege, ein besseres Material für die Waffenerzeugung zu finden. Er kam auf die Idee, Roheisen durch Einführung von Luft schmiedbar zu machen; er fand durch Experimente, dass die hierbei erforderliche Temperatur durch den Process selbst geliefert werden könne, aber er experimentirte über ein halbes Jahr ohne Erfolg, übrigens gesichert durch Patente, deren erstes vom 17. October 1855 datirt[5]). Auf den Rath Rennie's trug er seine Gedanken der British Association bei ihrer Sitzung zu Cheltenham im Juli 1856[6]) vor und erregte mit dieser Mittheilung, durch welche der Process zum ersten Male in das Stadium der Oeffentlichkeit trat, in der That ein ungeheures Aufsehen. Unterstützungen von Seiten einiger Fabrikanten ermöglichten die Fortführung der Versuche, welche erst nach weiteren 2½ Jahren soweit gediehen, um mit Sicherheit Erfolg zu versprechen. Inzwischen war aber unter mancherlei literarischen Kämpfen über die Ausführbarkeit oder Unausführbarkeit des Processes das Vertrauen dazu

---

[1]) Englisch 1669. Conf. Percy, Iron, p. 811 u. f. — [2]) London Journal of arts 1855, März, p. 158, und Dingler's polytechnisches Journal, Bd. 136, S. 349; vergl. auch S. 267. — [3]) Wagner's Jahresbericht der chemischen Technologie 1872, S. 88. — [4]) Dieser Ausspruch ist gewiss falsch. Wir haben in Hans Sachs einen Schuhmacher, der Poet war, in Bessemer einen Bronzefabrikanten, der zu einem der hervorragendsten Eisenhüttenmänner wurde, und so bricht das Genie sich überall Bahn; aber das sind Ausnahmen; die Regel ist, dass die Fortschritte der Industrie allmälig und ohne grosses Aufsehen von denen gemacht werden, welche in ihrem speciellen Felde das Bedürfniss dazu empfinden und die nöthige Bildung besitzen, um die Mittel zur Befriedigung dieses Bedürfnisses zu erkennen. — [5]) Henry Bessemer, Improvements in the manufacture of cast steel. No. 2321. Abridgements p. 204. — [6]) British Association Reports 1856, p. 162.

wesentlich geschwunden und Bessemer konnte nur mit Mühe den noch einzigen ihm offenen Weg betreten, selbst eine kleine Fabrik in Sheffield zu errichten [1]). Erst als es hier gelang den Process wirklich so durchzuführen, dass ein brauchbarer und dabei sehr billiger Stahl erzeugt wurde, begann sich das Vertrauen wieder zu heben. John Brown, der damalige Leiter der Atlas Works zu Sheffield, war der Erste, der den Process adoptirte und mit der Errichtung zweier Birnen begann.

Uebrigens ist Bessemer nicht ganz so, wie es aus seiner eigenen Schilderung hervorzugehen scheint, auf sich selbst und seine Bemühungen angewiesen geblieben; er verdankt einmal der Beharrlichkeit, mit welcher in Schweden, namentlich von dem Ingenieur Göranson aus Högbo, unbeirrt sein Process verfolgt wurde, und zweitens einer von Mushet erfundenen, anfänglich wenig beachteten Manipulation, dem Zusatz von Spiegeleisen, einen sehr wesentlichen Theil des endlichen Erfolges.

Das erste seiner zahlreichen englischen Patente erhielt Bessemer am 17. October 1855 [2]). Das Wesen des Processes, „das Durchblasen von Luft oder Dampfstrahlen durch flüssiges oder umgeschmolzenes Roheisen bis zur Entkohlung in Stahl und das Ausgiessen der flüssigen Masse in Formen,“ ist darin bereits enthalten, aber der Process sollte in Tiegeln ausgeführt werden, bis zu deren Boden ein Blaserohr niedergeführt wurde. Schon damals constatirte Bessemer, dass Dampf das Metall abkühle, Wind dagegen eine schnelle Erhöhung der Temperatur und den Uebergang von Rothglut zu intensiver Weissglut herbeiführe.

Ein Patent vom December desselben Jahres [3]) enthielt dann schon das Einblasen von Wind oder Dampf durch den Boden eines kugelförmigen oder eiförmigen, mit feuerfestem Futter versehenen eisernen Gefässes, welches „an Zapfen aufgehängt sein könnte“. Das Einfüllen und Ausgiessen sollte durch eine lippenartige Oeffnung erfolgen. Der Process sollte entweder den Zweck der Feinung als Vorbereitung zum Puddeln allein, besser aber die Entkohlung selbst verfolgen. Dies Patent bestätigt schon praktische Erfahrungen, denn die jetzt bekannten Erscheinungen des Processes sind ziemlich genau beschrieben.

Das folgende Patent vom 12. Februar 1856 [4]) weist nun deutlich auf eine derartige Wärmeentwickelung hin, dass eine weitere Erhitzung durch Brennmaterial nicht nöthig erscheine [5]), dass endlich je nach Länge der Blasezeit Stahl oder Schmiedeisen erhalten werden könne.

---

[1]) Hier sah auch der Verfasser 1860 zum ersten Male den Process. — [2]) Vergl. Seiten 334 und 336. — [3]) A. D. 1855, December 7, No. 2768. Abridgements p. 210. — [4]) Improvements in the manufacture of malleable or bar iron and steel, No. 356. Abridgements p. 217. — [5]) Daher die damals vielfach verbreitete Ansicht, der Bessemerprocess bedürfe gar kein Brennmaterial (making steel without the use of fuel), während zur Erzeugung des flüssigen Roheisens natürlich Brennmaterial nicht entbehrt werden kann.

Die weiteren Patente beziehen sich auf Verbesserungen in der mechanischen Construction der Apparate und deren Zubehör.

Bald nach dem weltberühmt gewordenen Vortrage Bessemer's in Cheltenham nahm Robert Mushet [1]) ein Patent auf den Zusatz von geschmolzenem Spiegeleisen zu dem noch flüssigen Bessemermetalle.

Damit war die grösste Schwierigkeit, welche sich in den bei weitem meisten Fällen der rechtzeitigen Unterbrechung des Processes beim Kohlenstoffgehalte des Stahls entgegengestellt, auf einmal beseitigt. Mushet liess sein Patent nach drei Jahren verfallen und machte dadurch diese wichtige Verbesserung zum Gemeingut.

1861 nahm Bessemer im Anschluss an die Methode von Heath, dem Gussstahl metallisches Mangan zuzusetzen, ein Patent auf den Gebrauch einer Legirung von Mangan, Eisen und etwas Silicium (Ferromangan) an Stelle des Spiegeleisens, und gründete dadurch — wie es scheint, selber über den eigentlichen Erfolg im Unklaren — die Methode, den in entkohltem Bessemereisen enthaltenen Sauerstoff zu entfernen, ohne den Kohlenstoffgehalt des Products zu vermehren.

Im Anfang stellten sich der Verbreitung des Processes grosse Schwierigkeiten in den Weg, welche namentlich darin gipfelten, dass die sanguinischen Erwartungen Bessemer's, man werde jedes Roheisen durch diesen Process in einen guten Stahl oder in ein gutes Schmiedeisen umwandeln können, sich keineswegs bestätigten, dass es vielmehr gänzlich misslang, den Phosphor, und nur in beschränktem Maasse gelang, den Schwefel zu entfernen.

Indessen konnte man die Erreichung des Ziels, schlackenfreies schmiedbares Eisen aus geeigneten Roheisensorten herzustellen, nicht leugnen, und Tunner in Oesterreich [2]), der Verfasser in Deutschland [3]) traten daher schon damals nach Möglichkeit für die Verbreitung des Processes in die Schranken.

1863 bestanden Bessemerwerke mit einer Birne in Bessemer's eigenen Werken zu Sheffield, mit zwei Birnen auf der Atlashütte (John Brown) ebendaselbst. In Einführung war der Process auf den Cyclopswerken daselbst und zu Weardale. — In Schweden zu Edskèn bestanden zwei Birnen, zu Långshyttan, Siljamsforss und Carlsdahl je ein stehender Ofen, während je ein Exemplar der letzten Apparate gebaut wurde zu Säfvenäs, Westanforss, Svabenswerk, Schisshyttan und Gebansvind. — In Frankreich waren je zwei Birnen zu Seurin sur l'Isle und Assailly, Creuzot und Rive-de-Gier angelegt. — In Deutschland hatte Krupp

[1]) Improvements in the manufacture of iron ad steel. Spec. A. D. 1856, 22. September, No. 2219. Abridgements p. 239. — [2]) Tunner, Berichte über den Stand des Bessemern, namentlich in Schweden, im Oesterreichischen Jahrbuche Band IX und X, in England Band XII. — [3]) Die Resultate des Bessemerprocesses für die Darstellung von Stahl und Aussichten desselben für die rheinische und westfälische Eisen- respective Stahlindustrie von Dr. H. Wedding, Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Band XI, 1863.

bereits seit mehreren Jahren eine Anlage von damals wahrscheinlich fünf Birnen im Betrieb, Hörde hatte eine Hütte mit zwei Birnen fast vollendet, für Königshütte in Oberschlesien wurden die Entwürfe gemacht [1]). — In Oesterreich ging die Anlage zu Turrach ihrer Vollendung entgegen, in Indien war Porto-Novo zu Beypoor erbaut worden. So kann man die Zahl der Bessemer-Apparate, welche damals in Betrieb waren oder bald darauf in Betrieb kamen, auf etwa 30 veranschlagen.

Im Jahre 1867 gab es [2]) schon in:

				wöchentliche Production
England [3])	15 Hütten	mit 52 Birnen	. . .	6000 Tonnen
Preussen	6 "	" 22 "	. . .	1760 "
Frankreich	6 "	" 12 "	. . .	880 "
Oesterreich	6 "	" 14 "	. . .	650 "
Schweden	7 "	" 15 "	. . .	530 "
Belgien	1 "	" 2 "	. . .	100 "

Im Jahre 1873, also nur 6 Jahre später, war die Zahl der Bessemerbirnen in Deutschland allein schon auf mehr als siebenzig gestiegen, welche sich auf 18 Hütten vertheilten. Unter letzteren hatte das Krupp'sche Werk zu Essen die grösste Zahl (18 Stück), nächstdem das Bochumer Gussstahlwerk (7), die rheinischen Stahlwerke (6) und Hörder Hermannshütte (6), die übrigen Werke 4 oder 2 Birnen [4]). In England bestanden 1872 19 Bessemerhütten mit 91 Birnen [5]), darunter Barrow mit 18 Stück.

Die Bessemer-Apparate.

Aeltere Apparate.

Als Frischgefäss hatte Bessemer zuerst einen Tiegel vorgeschlagen, in welchen der Wind von oben eingeführt werden sollte, dann ging er zu einem an zwei Zapfen aufgehängten cylindrischen Gefässe über [6]), welches eine horizontale Axe hatte und den Wind durch mehrere in der tiefsten Linie einmündende Formen erhielt. Mit diesem noch sehr unvollkommenen Ofen ist der Process in Schweden zu Edsken zu seinem schliesslichen Erfolge geführt worden.

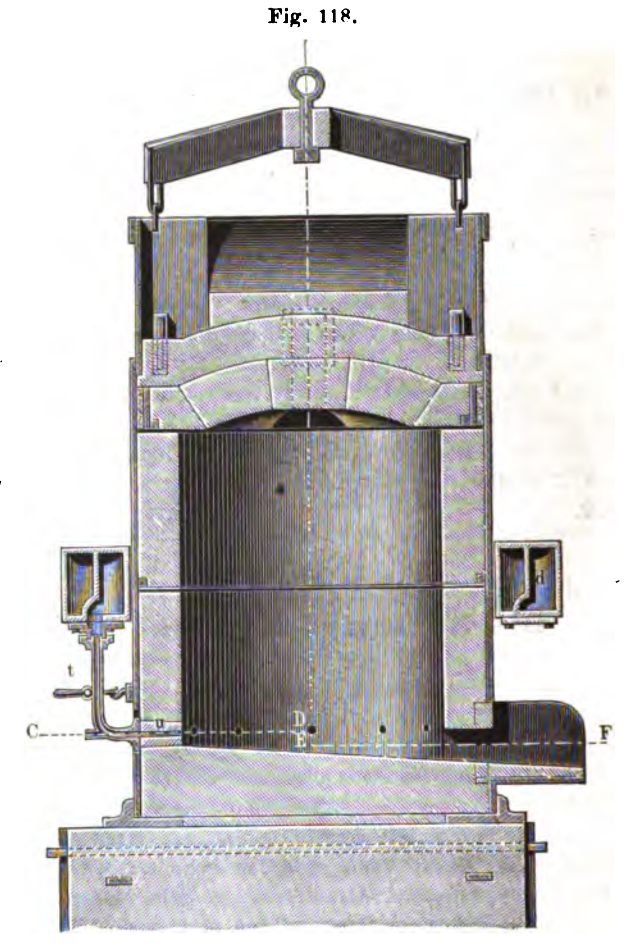
Schwedischer Ofen. In Schweden ging man, sobald die Ausführbarkeit des Processes dargethan war, zu einem dem gewöhnlichen Kupol-

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XIV, Abthl. B, S. 155. — [2]) Nach Tunner. — [3]) Nach Knut Styffl betrug damals die Production in England schon über 100 000 Tonnen und in Frankreich 20 000 Tonnen. — [4]) Zeitschr. des Berg- und Hüttenm. Vereins in Kärnthen. — [5]) Hunt, Statistics of Great Britain. — [6]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, S. 256.

ofen für das Umschmelzen des Eisens ähnlichen feststehenden Apparat über, eine Form, welche lange Zeit dort beinahe allein angewendet wurde, sich auch in einzelnen Exemplaren nach Oesterreich verbreitete, bald aber wieder ganz verschwunden sein wird.

Der Ofen ist in den Figuren 118 und 119 abgebildet. Er besteht

Fig. 118.

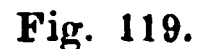


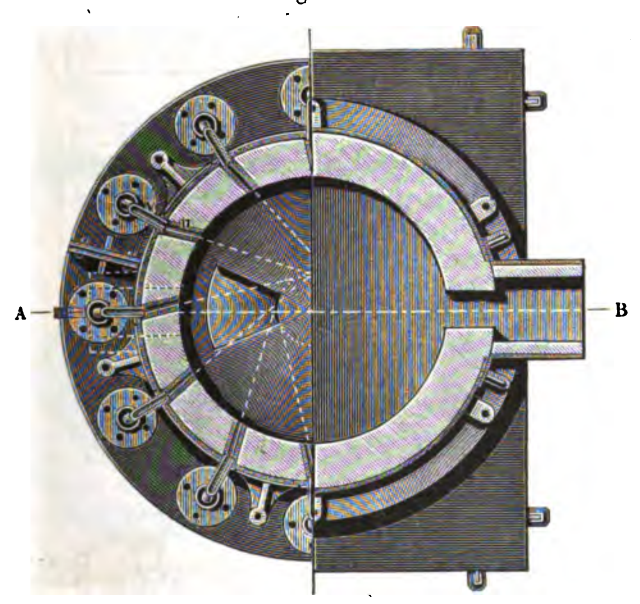
Schwedischer Ofen zu Siljansforss. Aufriss nach $A\ B$ (Fig. 119).

Decimeter 10 5 0 1 Meter.

aus einem mit feuerfesten Massen ausgesetzten cylindrischen Eisenmantel und ist mit einer abnehmbaren Kappe versehen. Eine halsförmige Oeffnung dient zum Ausströmen der Gase und Funken. Die Formen liegen etwa 2·5 cm hoch über dem Boden, welcher nach der Seite des Abstiches zu etwas geneigt ist.

Die Figuren 118 und 119 stellen den Ofen von Siljansforss Hütte im Aufrisse und Grundrisse dar [1]). Der obere Theil des Ofens ist von einem schmiedeisernen Mantel umgeben, der untere dagegen von einem gusseisernen, welcher mit dem ringsherum laufenden Windkasten verbunden ist. Aus letzterem führen Leitungen nach den einzelnen Formen, welche von aussen leicht zugänglich sind. Die Formen sind aus durchbohrten Formsteinen *u* gebildet, in welche die kleinen gusseisernen Düsen *v* hineinragen. Letztere sind nach Lösung der Klammern *t* leicht zu entfernen. Das Roheisen wird durch einen Fülltrichter


Fig. 119.



Schwedischer Ofen zu Siljansforss. Grundriss nach *CD* und *EF* (Fig. 118).

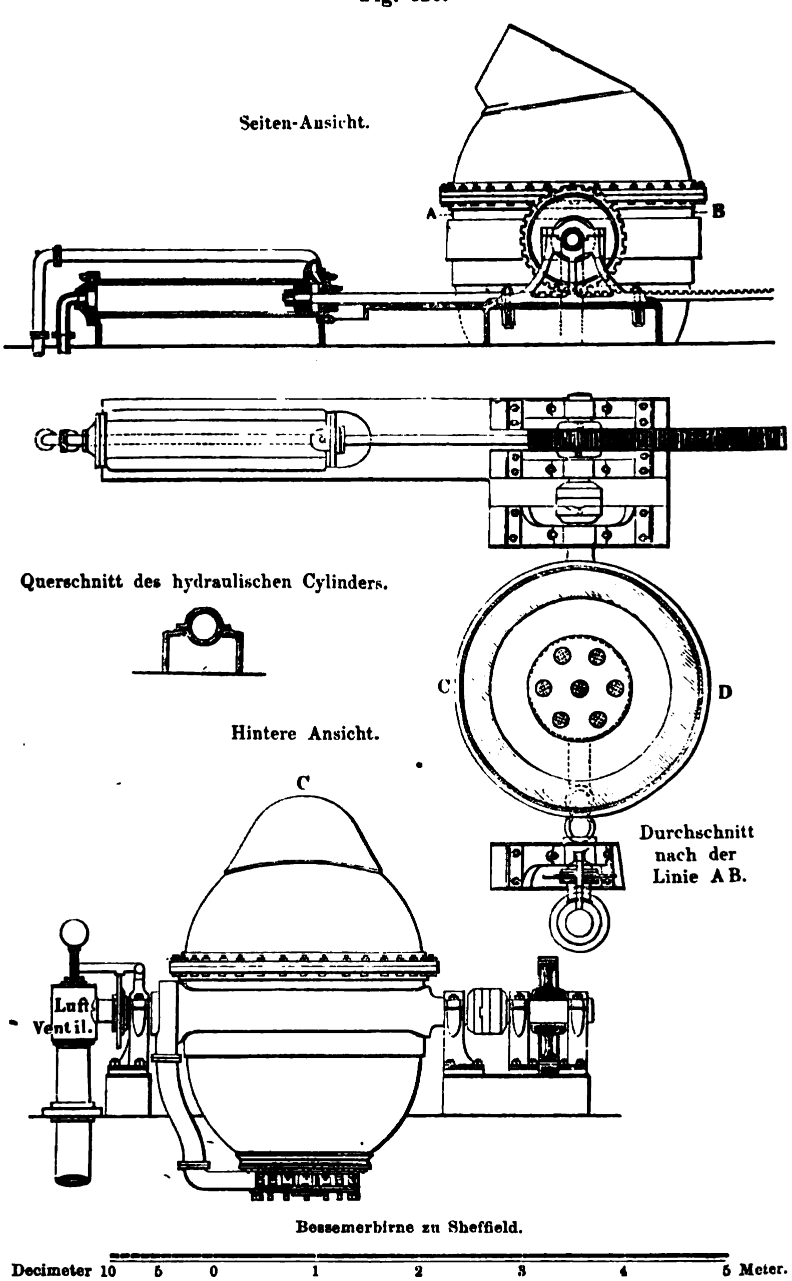
am oberen Theile des Ofens eingegossen, während die Gase aus einer halsartig gebogenen Oeffnung ausströmen, die in der abnehmbaren Kappe des Ofens angebracht ist.

Die schwedischen Oefen zu Heft in Kärnthen hatten 1·6 m inneren Durchmesser, 2·45 m Höhe und fassten 3000 bis 3500 Kg. Man blies durch 23 Formen von 0·018 m Durchmesser. Die Pressung des Windes betrug 0·8 bis 1·2 Atmosphären, die Dauer einer Hitze 18 bis 35 Minuten. Das Roheisen wurde durch einen mittelst Krahnes beweglichen Kessel eingegossen und direct vom Hochofen entnommen.

---

[1]) Das Bessemern in Schweden von Boman, deutsch von Tunner, 1864, S. 12.

Fig. 120.



Bessemerbirne zu Sheffield.

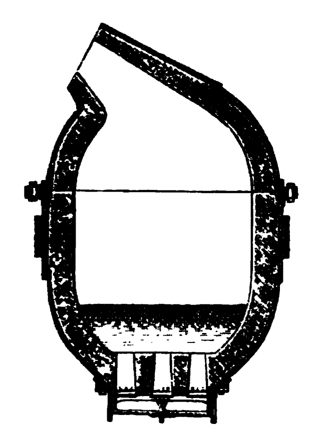
Zu Nischne Tagilsk am Ural hatte man — wie es scheint nur vorübergehend — einen mit zwei horizontalen Düsen über dem Boden versehenen, aber um zwei Zapfen drehbaren Ofen, also eine Combination des stehenden Ofens und der Birne angewendet.

Die Birne.

Bessemer selbst scheint trotz der Erfolge in Schweden die Nachtheile eines feststehenden Ofens für zu gross erkannt zu haben, denn er blieb bei der Construction eines an Zapfen aufgehängten, kippbaren Gefässes, welchem er indessen bald eine birnförmige Gestalt gab. Dies in seiner wesentlichen Construction bis heutigen Tages unverändert gebrauchte Gefäss, wird daher auch Birne genannt.



Fig. 121.



Bessemerbirne zu Sheffield. Durchschnitt nach *CD*.

Die Birne [1]) ist aus Eisenblech hergestellt und mit feuerfestem Material ausgefüttert.

Die Figuren 120 und 121 zeigen eine Birne, wie sie auf der Atlas-Hütte in Sheffield gebraucht wird, sammt dem zugehörigen hydraulischen Motor zur Kippung derselben in zwei rechtwinklig zu einander stehenden Ansichten, in Grundriss und Verticaldurchschnitt [2]).

Die Birne besteht aus zusammengenieteten Kesselblechen, welche der Regel nach zu zwei oder drei ringförmigen Theilen vereinigt sind, nämlich einem unteren kesselförmigen Stücke, an welches sich der Boden anschliesst und welches Kessel- oder Bodenstück genannt wird, einem cylindrischen Mittelstück, welches von einem starken, die Zapfen tragenden Ringe umgeben ist, und einem oberen, halsartig zusammengezogenen Aufsatze, der Haube. Diese Stücke sind mit Flanschen versehen, mittelst deren sie aneinander geschraubt werden können. Den ganz convexen Theil des Gefässes nennt man den Rücken, den gegenüberliegenden, am Halsansatze eingezogenen, die Brust oder den Bauch des Gefässes. Man bezeichnet ferner die Seiten des Gefässes

---

[1]) Englisch *Converter, converting vessel*; französisch *convertisseur, cornue*. — [2]) Es ist hierbei zu bemerken, dass in Fig. 120 der Vereinfachung wegen der Kippapparat nach vorn gelegt ist. Der Grundriss Fig. 120 stellt daher eigentlich die rechtsgelegene, der Aufriss und die Rückenansicht, die links gelegene Birne eines zusammengehörigen Paares dar. Die Figuren sind aus Percy, Iron p. 822 entnommen.

als rechte und linke, wenn man sich vor den Rücken der aufrecht hängenden Birne gestellt denkt. An das Kesselstück schliesst sich nach unten zu der meist ganz aus Gusseisen bestehende Windkasten an, der mit einer leicht abnehmbaren Bodenplatte versehen ist. In den Windkasten gelangt die Gebläseluft aus der einen, deshalb hohl angelegten Axe durch ein ziemlich vertical niedergehendes Rohr. Der hohle Windzapfen schliesst sich an das feststehende, luftdicht damit verbundene Windrohr in einer Stopfbüchse an; der gegenüberliegende Zapfen ist massiv und trägt ein Getriebe, in welches die mit einem hydraulischen Kolben verbundene Zahnstange eingreift, durch deren Hin- und Herbewegung daher das Gefäss gekippt werden kann. Das feuerfeste Futter begrenzt das Gefäss nach innen in ziemlich gleicher Stärke vom Hals bis zum Boden. Der Boden besteht jedoch aus einem besonderen, nach oben verjüngten conischen Stücke, welches ohne Zerstörung des übrigen Futters ausgewechselt werden kann. Er ist durchbohrt, wie dies Fig. 121 zeigt, von mehreren, meist 7, 12 oder 13 Oeffnungen, in welche erst nach Vollendung aller übrigen Theile die Windzuführungsstücke (Formen, Ferne oder Feren) eingelegt werden. Letztere bestehen aus conischen von mehreren kleinen cylindrischen Oeffnungen durchbohrten Thonstücken, welche nach unten zu mit einem vorspringenden Rande versehen sind, so dass sie durch eine vorgelegte Eisenplatte, durch Keile, Bolzen oder in anderer Weise gegen das Herausfallen beim Nachlassen der Windpressung geschützt werden.

Inhalt und Dimensionen. Der Regel nach sind die neueren Birnen auf einen Einsatz von 5000 bis 6000 Kg Roheisen berechnet. Sie haben dann im Innern einen Durchmesser von 1·8 m in dem cylindrischen 0·8 bis 1 m hohen Mittelstück. Der Durchmesser zieht sich in dem 0·8 m hohen Bodenstück bis auf 1 m (dem oberen Durchmesser des Bodens) zusammen. Die Haube hat 1·5 bis 1·8 m Höhe und verjüngt sich im Durchmesser bis zu der röhrenförmigen Mündung auf 0·4 m. Das Futter erhält an den Wänden 0·3 m, am Boden 0·35 m Stärke, der Abstand zwischen den beiden die Zapfen tragenden Ständern beträgt durchschnittlich 2 m.

Früher pflegte man die Birne von einer Linie aus zu construiren, welche den obersten Punkt der Mündung, den einspringendsten Punkt des Halses und den äussersten Punkt der nach dem Rücken zu gelegenen Form verband, um dadurch einen möglichst grossen Füllungsraum für die Birne in liegender Stellung zu erhalten und doch das directe Auswerfen von Eisen durch den Hals zu verhindern. Jetzt zieht man den Hals nicht mehr so stark ein und legt eine gerade Linie durch den obersten Punkt der Mündung und den einspringendsten Halspunkt nach der inneren Form, um zu erreichen, dass sich der Boden ganz durch die Mündung übersehen lässt.

Beispiele. Während die ersten von Bessemer selbst angelegten Birnen nur für 1000 Kg eingerichtet waren, wurden schon die ersten auf

der Atlas-Hütte zu Sheffield für 3000 Kg bestimmt; man ging dann auf solche zu 5000, 6000, 7500 (Barrow), ja 10 000 Kg (ebenfalls zu Atlas-Hütte, J. Brown) über, fand aber bald, dass sich solche zu 5000, höchstens 6000 Kg am besten bewährten und ist daher im Allgemeinen auch bei dieser Grösse stehen geblieben [1]).

Königshütte in Oberschlesien. Birne für 3000 Kg.

Innere Maasse: Mittelstück 1·6 m Durchmesser, 0·94 m Höhe; Kesselstück 0·63 m Höhe, am Boden 0·79 m Durchmesser, Haube bis zur Mündung 1·64 m Höhe, an der Mündung 0·31 m Durchmesser. Das Futter ist an der Wandung 0·23 m am Boden 0·39 m, stark. Entfernung der Ständer von einander 1·88 m.

Seurin in Frankreich. Birne für 5000 Kg.

Innere Maasse: Mittelstück 1·8 m Durchmesser, 0·8 m Höhe; Kesselstück 0·8 m Höhe, am Boden 1 m Durchmesser, Haube bis zur Mündung 1·5 m Höhe. Das Futter ist an der Wandung 0·3 m, am Boden 0·35 m stark. Entfernung der Ständer von einander 2·4 m.

Seraing in Belgien [2]). Birne für 4 500 Kg.

Innere Maasse: Mittelstück 2·4 m Durchmesser, 0·91 m Höhe, Kesselstück (ganz cylindrisch) von gleichem Durchmesser und gleicher Höhe wie das Mittelstück, Haube bis zur Mündung 1·78 m Höhe, an der Mündung 0·75 m Durchmesser. Das Futter ist an der Wandung 0·2 m, am Boden 0·45 m stark. Das Eisenbad hat eine Höhe von 0·60 m.

Troy in Nordamerika [3]). Birne für 5000 Kg. Höhe 4·6 m, äusserer Durchmesser 2·6 m, Bleche 13 bis 19 mm stark, Futter 0·3 m stark. Halsöffnung 0·46 m.

Abänderungen. Alle wesentlichen Abänderungen, welche man im Bezug auf die Form und Einrichtung der Birne versucht hat, sind als unzweckmässig wieder verworfen worden. Der Erwähnung verdienen nur folgende Versuche:

Nyström [4]) stellte ein beinahe cylinderförmiges, horizontal liegendes Gefäss her, welches sich drehen liess, so dass die Düsen in jede beliebige Stellung unterhalb der Oberfläche des Eisenbades gebracht werden konnten; auch besass der Ofen eine Abstichöffnung. Man war dadurch in der Lage, die Eisensäule ganz oder nur theilweise von den Luftströmen durchdringen zu lassen. Ein Vortheil ergab sich indessen nicht, vielmehr scheint die wechselnde Berührung des Metalls mit frischen Futtertheilen einen entschiedenen Nachtheil geäussert zu haben.

Ebensowenig Erfolg hatte die später vorgeschlagene Einrichtung, nach welcher die Birne aus zwei Theilen [5]) bestehen sollte, in deren einem

[1]) Atlasworks: 2 Birnen zu 10, 2 zu 7, 2 zu 6 Tonnen. Barrow: 18 Birnen zu 6 Tonnen. Workington: 7½-Tonnen-Birnen. Cammel: 8 Birnen zu 5 Tonnen. Ebbw Vale: 7 Birnen zu 6 Tonnen. Weardale: 2½-Tonnen-Birnen. — [2]) Petzhold, Fabrikation, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahnmaterial, S. 187. — [3]) Polyt. Centralblatt 1873 S. 408. — [4]) Revue universelle 1866, p. 329. — [5]) Gewissermaassen zwei Säcke, deren Axen um 90 Grad gegeneinander stan-

das Metall der Einwirkung der Windströme ausgesetzt werden konnte, während der andere ausser Wirksamkeit kam. Die Umkehrung sollte durch Kippung um eine gemeinschaftliche horizontale Axe stattfinden.

Wohl von grösserer Bedeutung ist der ebenfalls von Bessemer selbst ausgegangene Vorschlag der sogenannten Hochdruckbirnen. Um nämlich mit höherem und gleichmässigem Gasdruck in der Birne arbeiten zu können, als dies gewöhnlich der Fall ist, hat Bessemer versucht[2]), den Hals der Birne mit einem Mundstück zu armiren, welches mehr oder minder durch einen conischen Pfropfen geschlossen werden kann. So richtig an sich diese Construction ist, so scheint sie doch nirgends Anwendung gefunden zu haben, offenbar, weil die Schwierigkeiten, eine sehr kleine Ausströmungsöffnung rein zu halten, weit grösser sind, als der Nutzen einer constanten Gasspannung, die man schliesslich ebenso durch Pressungsveränderung des Windes erreichen kann.

Das Futter. Material. Bessemer selbst wendete nach vielen vergeblichen Versuchen, ein geeignetes Futter aus feuerfestem Thon herzustellen, einen gemahlenen Sandstein aus der Kohlenformation in der Umgegend Sheffields, den sogenannten Ganister, zum Futter an und dieses oder ein gleich beschaffenes Material ist bis heutigen Tages das beste geblieben, wenn auch ein kieselsäurereicher Thon ebenfalls anwendbar erscheint. — Der Ganister von Sheffield enthält circa 93 Proc. Kieselsäure, 4 Proc. Thonerde, 1 bis 2 Proc. Eisenoxyd, im Reste die kohlensauren Salze von Kali, Natron und Kalk. Man mengt dies Quarzpulver mit sehr geringen Quantitäten feuerfesten Thons, um seine an sich allerdings nur schwache Plasticität zu erhöhen.

Aus der angefeuchteten Masse wurden um hölzerne Schablonen die Wände bis zur Mündung früher stets aufgestampft.

Bei dem Stampfverfahren ist man auch bezüglich des Kesselstücks der Regel nach geblieben, das Mittelstück und die Haube mauert man aber jetzt ebenso oft mit Ziegeln auf, welche aus derselben Masse passend geformt sind. Die möglichst schwachen Fugen werden dann mit einem Brei von derselben Masse gedichtet.

Alle Futtermassen, welche bisher mit Erfolg angewendet worden sind, gleichen sich darin, dass sie der Hauptsache nach aus Kieselsäure bestehen, welcher nur geringe Mengen Thon beigemengt sind. Diese Massen, wenn sie einmal getrocknet sind, schwinden nicht und dehnen sich auch nur sehr wenig aus, sind daher sehr haltbar.

Merkwürdig ist es, dass man nicht zu dem so nahe liegenden Versuche gekommen ist, an Stelle eines durch seinen Kieselsäuregehalt nach-

---

den, so dass die eine horizontal lag, wenn die andere vertical stand. Vergl. Kerpely, Fortschritte Bd. VI, S. 231; über den missglückten Versuch, den Wind durch Röhren von oben einzuführen, vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, S. 256 und Knoles' Patent, Mechan. Magaz. 1857, II, S. 885. — [2]) Engineering 1870, p. 1.

theilig auf den Process wirkenden Futters ein eisenhaltiges, z. B. aus Garschlacke bestehendes zu wählen.

Der Verfasser hat, als das eisenreiche Futter des Danks'schen rotirenden Puddelofens bekannt wurde, vorgeschlagen, ein ebenso zusammengesetztes für den Bessemerapparat anzuwenden [1]). Später machte auch Daelen einen ähnlichen Vorschlag, den er sich in England patentiren liess [2]); aber bis jetzt scheint noch kein derartiger Versuch ausgeführt zu sein, obwohl, wie unten gezeigt werden wird, viele Gründe dafür sprechen. Vielleicht ist man vor den Schwierigkeiten zurückgeschreckt, welche die Herstellung eines solchen Futters in der Birne bieten würde, jedoch dürften dieselben sich nicht allzuschwer überwinden lassen.

Daelen [3]) will Erz in kleinen Stücken anwenden, welches mit einem Bindemittel zu einer plastischen Masse angemacht ist. Dasselbe soll auf den Boden aufgestampft werden und sich allmälig verschwächend bis zum oberen Rande des Kesselstücks reichen. Die mittleren Formen sollen durch den Boden hindurch führen, die äusseren Formen hingegen von einer Schicht bedeckt bleiben und erst frei werden, wenn im Verlaufe des Processes der obere Theil des Bodenfutters aufgezehrt ist, was bei Beginn der zweiten Periode vorausgesetzt wird. Im Uebrigen soll das Futter der Birne nach wie vor aus Ganister oder einer ähnlichen Substanz bestehen.

Der Zweck wird durch dieses Futter nur unvollkommen erreicht und die praktische Schwierigkeit, das Eisenerz gerade so aufzustampfen, dass es bis zu einem bestimmten Zeitpunkte verzehrt ist, dürfte eine Anwendung ganz verhindern.

Will man eisenoxydreiche Futter überhaupt anwenden, so muss erstens die ganze Birne damit ausgekleidet und zweitens ein solches Futter aufgeschmolzen, nicht kalt eingestampft werden. Vielleicht würde die Birne am besten hierzu in ein Gestell gebracht, in welchem sie horizontal ruhend so behandelt werden kann, wie dies beim rotirenden Puddelofen (S. 303) beschrieben wurde.

Bessemer glasirte anfänglich das Ganister-Futter durch Einstreuen von etwas Kochsalz, um alle Risse zu vermeiden, doch ist man davon ganz zurückgekommen. Man begnügt sich vielmehr mit der Glasur, welche beim Anwärmen durch Verschlackung der Aschenbestandtheile entsteht.

Tunner hat Magnesit vorgeschlagen, jedoch ist das Material entschieden nachtheiliger auf den Process als Quarz und auch meist theuerer [4]).

---

[1]) Verhandlung des Vereins für Eisenbahnkunde. — [2]) Conf. Patent-Specification, Roshussen, A. D. 1873, No. 562. — [3]) Wagner's Jahresberichte 1873, S. 93, und Dingler's Polyt. Journal CCIX S. 416. — [4]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XI, S. 253.

Beispiele. Zu Königshütte in Oberschlesien wird das 29 bis 34 cm starke aufgestampfte Futter aus 2 bis 3 Theilen kieselsäurereicher Schamotte und 1 Theil Thon gebildet; mit noch besserem Erfolge wird statt der Schamotte gerösteter und gepochter Quarz verwendet. Schamotte wie Quarz werden nach dem Pochen gesiebt, mit Wasser befeuchtet und in haselnuss- bis erbsengrossen Stücken mit dem allmälig zugesetzten Thon gemengt. Auch hier ist man indessen später zu dem wegen seiner Haltbarkeit trotz des weiten Transportes billigeren Ganister übergegangen. Das ältere Futter musste am Boden nach jeder Hitze etwas reparirt, nach 10 bis 12 Hitzen dagegen neu aufgestampft werden. Durch Aufguss erneuerte Böden hielten sogar noch 2 bis 3 Hitzen weniger. Das neuere Futter des Kessel- und Mittelstücks hielt dagegen 80 bis 100, das der Haube 50 bis 60 Hitzen aus.

Zu Seraing wird die ganze Birne zuvörderst mit feuerfesten Steinen ausgemauert und diese dann erst mit feuerfester Masse sorgfältig bekleidet. Die Bekleidung verträgt 500 Hitzen, bevor sie erneuert werden muss.

Auf den österreichischen Bessemerhütten belegt man die 13·2 mm starken Bleche der Birnen zuvörderst mit einem Brei, von 3 Volumen feuerfestem Thon (meist Blanskoer) und 1 Volumen reinem feinen Quarz, 26 mm stark. Dann wird mit feuerfesten Ziegeln, welche aus 1 Volumen feuerfestem Thon, 4 Volumen Quarz hergestellt und gepresst sind, ausgemauert. Als Bindemittel dient hierbei derselbe Brei wie zur Bekleidung. Nach der Ausmauerung deckt man die Ziegel 66 mm dick mit einer Masse aus 3 Volumen grobem Quarz und 1 Volumen feuerfestem Thon.

In Hörde bedient man sich einer Masse aus 6 Theilen Quarz oder Puddingstein (Kieselconglomerat) in Erbsengrösse und einem Theil gemahlenem Thon. Als Probe dient eine aus der angefeuchteten Masse geformte Kugel, welche der Hitze eines Schweissofens ausgesetzt weder zerspringen oder zerbröckeln, noch schmelzen, sondern nur sintern darf. Das Futter wird 20·9 cm stark um ein hölzernes Modell herum eingestampft; nur der Hals wird ausgemauert.

Das Einstampfen geschieht mit rothglühend gemachten eisernen Keulen. Die beiden Stücke der Birne werden einzeln fertig gestellt und dann aufeinander geschraubt, nachdem die Fuge gut verschmiert worden ist.

Das Ausfüttern einer Birne erfordert bei hinreichenden Arbeitskräften etwa 24 Stunden; ebensolange das Abwärmen, welches mit Steinkohlen [1]) oder neuerdings in Schweden mit Hochofengasen geschieht, wie übrigens der Verfasser schon 1863 [2]) vorgeschlagen hatte.

---

[1]) 7000 Kg Verbrauch. — [2]) Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 18, S. 265.

In allen Fällen muss das Trocknen und Anwärmen des Futters sehr vorsichtig geschehen. Etwa entstehende Risse werden sorgfältig verschmiert und vor dem Gebrauche das Ganze in starke Rothglut versetzt. Zu der Anwärmung eines neu gefütterten Gefässes braucht man mindestens 24 bis 30 Stunden. Je langsamer und vorsichtiger das Anwärmen geschieht, um so länger hält das Futter. Ein vorsichtig getrocknetes Ganisterfutter steht auf englischen Werken der Regel nach bei ununterbrochenem Betriebe 3 Monate [1]).

Der Boden und die Formen. Der Boden wird selten mit den Wandungen zusammen aufgestampft, vielmehr der Regel nach besonders eingesetzt und zwar jetzt meist aus geformten Ganistersteinen gebildet, deren jeder einzeln den Raum (etwa ein durch Bogen begrenztes Dreieck) zwischen je drei Formen ausfüllt [2]). Die schwach conischen Formen werden stets aus kieselsäurereichem Thon [3]) in besonderen Modellen hergestellt und zwar zuvörderst im Vollen, während die cylindrischen Windöffnungen durch ebensoviel Stahl- oder Bronzenadeln nachher ausgedrückt werden. Sowohl die Pressung des Thonklumpens als die Bildung der Oeffnungen geschieht auf mechanische Weise mittelst einer Schraubenpresse. In einzelnen Fällen stampft man auch die Masse, welche plastischer, daher thonreicher sein muss, als die des übrigen Futters, in einer Form, in welcher bereits die die Löcher bildenden Dorne in Gestalt ebensovieler Stahlnadeln aufgestellt sind, auf und presst sie, nachdem ein ebenfalls mit Masse gefüllter Hut aufgesetzt ist, stark zusammen.

Zu Hörde sind die 10 Stahldorne, welche die Löcher durchstossen, auf die untere Fläche eines Rahmens geschraubt, der durch eine Schraube auf- und abbewegt wird. Die Form ist entsprechend conisch und wird von oben durch einen mit 10 Löchern versehenen Deckel verschlossen, von unten durch einen ebenfalls mit entsprechenden Oeffnungen versehenen vertical bewegbaren Boden, der in die Form passt. Die Dorne pressen den verdrängten Thon durch die Löcher des Deckels hindurch.

Früher versah man diese Formen am unteren vorstehenden Rande mit einigen Schraubengängen, welche in den eisernen Deckel des Windkastens passten. Diese lässt man jetzt gewöhnlich fort, und hält die Formen nur durch kleine Riegel oder in ähnlicher Weise fest. Eine solche Art der Befestigung durch Schrauben ergiebt sich ohne weitere Erklärung aus den Figuren 124 und 125 (S. 353).

Die Formen werden zwar behutsam, aber sehr stark gebrannt, in England meist bis zu beginnender Verglasung.

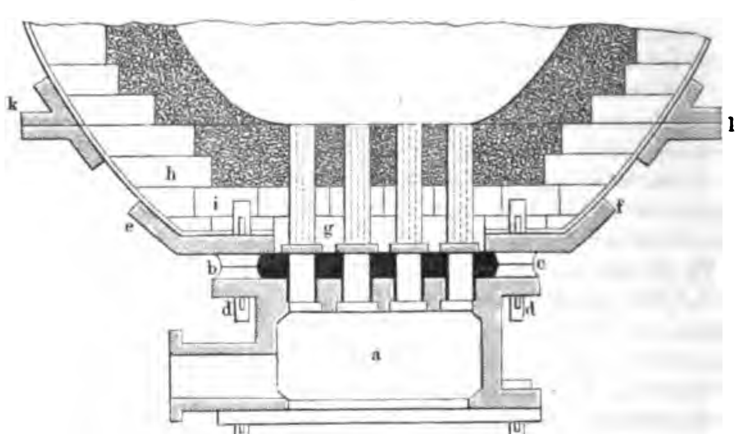
---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1866. — [2]) Diese Methode scheint zuerst von Wilson und Wood angegeben worden zu sein. — [3]) Auf österreichischen Werken aus $1/2$ Volumen Quarz und $1/2$ Volumen feuerfestem Thon, in England aus $2/3$ bestem feuerfesten Thon und $1/3$ Schamotte. Letztere halten durchschnittlich 6 bis 8, oft auch 12 Hitzen aus.

Der Boden wird weit schneller zerstört, als die Wandungen, und zwar bleiben die durch den Wind gekühlten Formen der Regel nach als Erhöhungen zwischen den übrigen ausgefressenen Bodentheilen stehen. Zerstörte Formen kann man ohne Schwierigkeit austauschen und durch neue ersetzen. Man hat indessen auch Mittel ersonnen, den Boden zu ergänzen, ohne das Futter zu erneuern. Dazu dient entweder ein neues Aufstampfen, nachdem in die Formöffnungen zur Freihaltung derselben eiserne Nadeln gesteckt sind, oder die sogenannte Aufgussmethode, bei welcher man unter ununterbrochener Zuleitung des Windes, der die Oeffnungen ebenfalls frei hält, breiartig angerührten Ganister bis zu der ursprünglichen Höhe des Bodens eingiesst.

Jedes neue Futter sowie ein reparirtes Futter muss vollkommen trocken sein, ehe es benutzt werden kann. Man trocknet es der Regel nach mit Koks oder Holzkohle, die man brennend in die Birne schüttet,

Fig. 122.



Bessemerboden.

ehe der Windkastenboden aufgeschraubt ist. Ist der grösste Theil Wasser verdampft, so schliesst man den Deckel und giebt gelinden Wind bis zur Rothglut des ganzen Futters.

Neuerdings ist man vielfach zu der Methode übergegangen, dem Boden einen directen festen Anschluss an das übrige Futter zu geben, was zwar die Schwierigkeit der Auswechselung vermehrt, durch den Fortfall der am meisten dem Durchbrennen ausgesetzten ringförmigen Fuge aber diesen Nachtheil wohl mehr als ausgleicht.

Das letztere Verfahren wird folgendes durch Fig 122 erläuterte Beispiel erklären [1]):

Der Blechmantel der Birne ist am unteren Ende mit einem gusseisernen Kranze *cf* armirt. Der Windkasten *a* schliesst nicht dicht an,

---

1) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1872, S. 376.

sondern ist durch Rippen von jenem getrennt, so dass ein Zwischenraum *bc* bleibt. An der Menge des Stahls, welcher durch diesen (in der Figur schwarz bezeichneten) mit Masse ausgestampften Raum allmälig aussickert, beurtheilt man den Grad der Schadhaftigkeit und Reparaturbedürftigkeit. Windkasten und Boden sind durch die Bolzen *d* mit einander verbunden. *g*, *h*, *i* sind feuerfeste Ziegeln, welche genau im Format hergestellt sind, und den Raum zwischen den Formen ausfüllen. Der Kesseltheil reicht bis zu dem gusseisernen Flanschenkranz *kl*, kann also im Nothfalle im Ganzen losgenommen werden, obwohl bei erneuertem Ansatz ein so dichter Schluss der inneren Masse nicht zu erzielen sein wird, als wenn diese im Ganzen aufgestampft wird.

Auf amerikanischen Werken stellt man den conischen Boden sammt den Formen in Vorrath fertig dar, und zwar von einem kleineren Durchmesser, als den der entsprechenden Oeffnung in der Birne. Der neue Boden wird mit einem Krahne eingesetzt und der ringförmige Raum, welcher noch offen bleibt, mit knetbarer feuerfester Masse von aussen zugestopft. Man braucht bei diesem Verfahren nicht so lange zu warten, bis die Birne vollständig abgekühlt ist, sondern kann bald nach Beendigung der Hitze mit der Arbeit vorgehen. Die Arbeit selbst soll kaum eine Stunde erfordern [1]). Diese Einrichtung hat sich zu Troy, wo früher das Aufgussverfahren angewendet wurde, sehr wohl bewährt und es möglich gemacht, pr. Monat in einem Paar Birnen zu 5 Tonnen Einsatz 2000 Tonnen Stahlblöcke zu fabriciren, obwohl nach 5 bis 6 Hitzen der Boden jedesmal ausgewechselt werden muss [2]).

Ereignet sich ein Unfall während des Blasens, so wird die Birne gekippt, der Windkasten geöffnet, die beschädigte Form heraus gehauen und das Loch mit feuchtem Thon und Sand ausgerammelt, worauf so schnell wie möglich meist nach 5 bis 10 Minuten Aufenthalt das Blasen mit den übrigen Düsen wieder beginnen muss.

Zahl und Grösse der Formen. Die Zahl und Grösse der Formen wechselt sehr. 7 Formen mit je 7 Löchern von je 1 cm Durchmesser dürften das Minimum sein. Es steigt aber die Zahl auch auf 12 und 13 Formen mit je 12 oder 13 Löchern von 1·3 cm Durchmesser, was wiederum das Maximum sein dürfte.

Beispiele. In Königshütte hat man 7 Formen zu 7 Löchern à 1 cm, Durchmesser, in Wednesbury 8 Formen zu 9 Löchern à 1·1 cm, auf den Atlas-Works zu Sheffield 7 Formen zu 7 Löchern à 1·3 cm Durchmesser, in Seraing 11 Formen mit je 7 Löchern à 1 cm Weite, auf schwedischen Werken 6 bis 7 Formen mit je 6 bis 7 Löchern à 1·1 bis 1·8 cm Weite, auf amerikanischen Werken 12 Formen zu 10 Löchern à 1 cm Weite. — Nach Drown [3]) kommen an Gebläseöffnung auf 1 Tonne Roheisen:

---

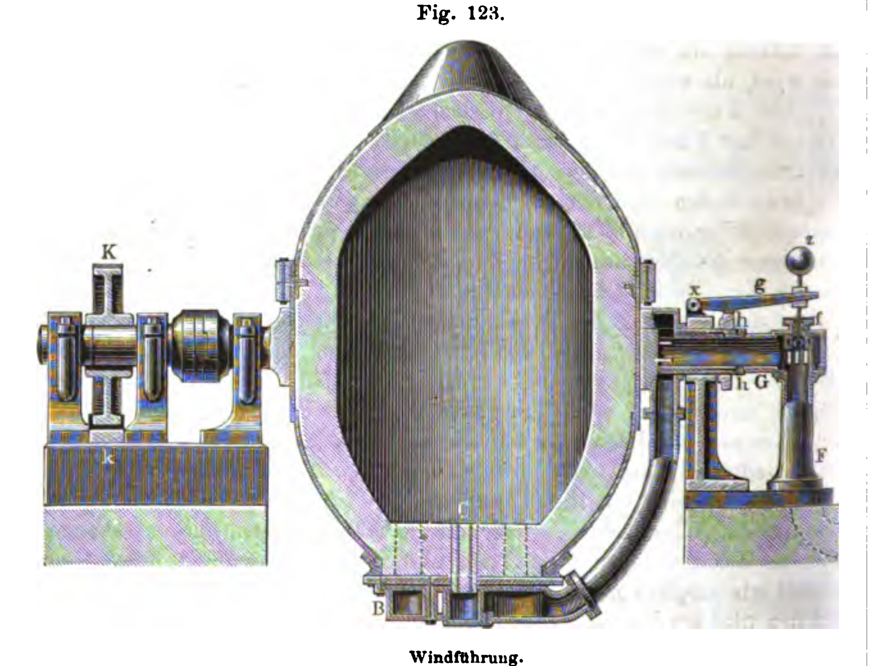
[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1872, S. 297 u. f. — [2]) Das Haupterforderniss bleibt hierbei die Zugänglichkeit der Fuge von aussen behufs der Dichtung nach erneutem Einsatze eines Bodens. — [3]) Chemical News 872, No. 633, p. 13, und Wagner's Jahresb. 1873, S. 93.

In Königshütte 5·161, in Neuberg 9·225, in Königin-Marien-Hütte 11·031, in Heft 11·806, in Crewe 20·515 und in Dowlais sogar 22·193 qcm [1]).

Windführung. Die Windführung erfolgt stets durch eine der Axen, welche hohl ist. Die Anordnung zeigen die Figuren 123 bis 124 [2]).

Die Absperrung des Windstromes ist meist selbstthätig, um sie vom Arbeiter unabhängig zu machen, was namentlich da, wo der Process neu

Fig. 123.



Windführung.

eingeführt wird, sehr nothwendig erscheint. Auf der drehbaren Axe sitzt zu diesem Zwecke ein Excentrik *h*, welches den um *x* drehbaren Hebel *g* und das daran befestigte, mit Gegengewicht *z* belastete, in einer Stopfbüchse *f* geführte Ventil hebt und senkt, so dass der Wind zutritt in dem Augenblicke, wo beim Aufrichten der Birne das Eisen den Boden berührt. Dies ist erforderlich, weil sonst dasselbe in die Formen laufen und den Windkasten zerstören würde.

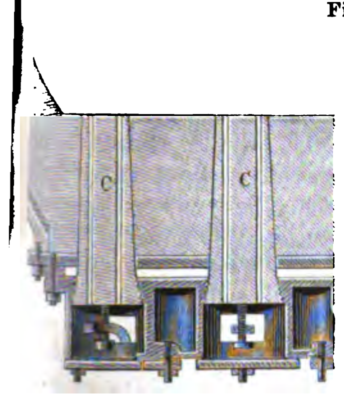
Kippvorrichtung. Die mechanische Kippvorrichtung greift am entgegengesetzten vollen Zapfen an und besteht der Regel nach in einer

---

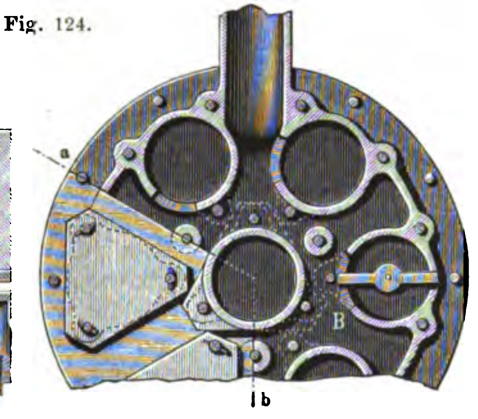
[1]) Hiervon wird wesentlich die Dauer einer Hitze bei gleicher Roheisenmenge und gleichem Winddrucke abhängen. — [2]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XI.

ein Getriebe umdrehenden Zahnstange, seltener in einem Krummzapfen oder einer Kurbel. Als Motor bedient man sich meist einer hydraulischen Maschine, welche entschieden einer Dampfmaschine vorzuziehen ist, da letztere, auch wenn sie mit einer Bremse verbunden ist, doch nicht

Fig. 124.



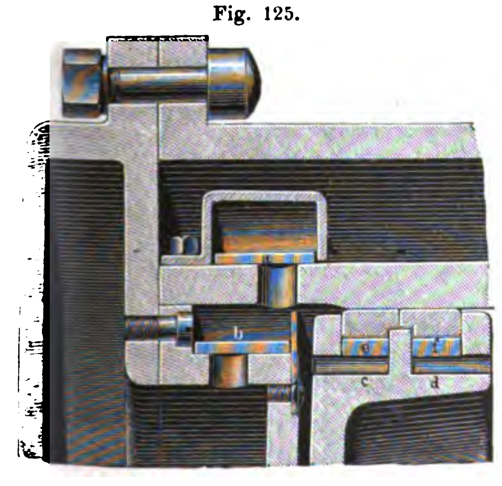
Verticalschnitt nach *a b*.



Ansicht und Horizontalschnitt.

so sicher und schnell die Birne in die gewünschte Stellung bringt, wie ein durch das unzusammendrückbare Wasser bewegter Kolben. Dies hat sich zu Königshütte gezeigt, wo man eine kleine verticale Dampfmaschine für diesen Zweck arrangirt hatte. Der Motorcylinder liegt am besten horizontal nach der Richtung der Birnenbrust zu.

Fig. 125.



Gummiring - Ventile.

0 5 10 15 20 25 Decim.

Gebläse. Der zum Bessemern verwendete Wind bedarf einer sehr hohen Pressung, nämlich eines Ueberdruckes von mindestens 1·02 bis 1·10 Kg, bei grösserer Menge Roheisen 1·24 bis 1·32, der Regel nach aber bis 1·46 und 1·54 Kg pr. qcm. Klappengebläse hatten sich wegen der Pendelschwingungen der Ventile bei schnellem Gange anfänglich sehr schlecht bewährt und man wendete daher allgemein Gebläse an, die, wie Fig. 125 zeigt, sowohl an Stelle der Ausgangsventile *a* als der Einlassventile *b* mit Gummiringen versehen waren. Die' Gummiringe haben allerdings den Nachtheil, durch die

erhitzte Luft und namentlich auch durch die Schmiere schnell zerstört zu werden, aber sie lassen sich für die Auslassventile nur schwer durch andere Einrichtungen ersetzen. Für die Einlassventile ist man dagegen mit gutem Erfolge zu den Klappen, Kegeln oder Tellern zurückgekehrt, nachdem Egells zuerst für die Königshütter Maschine die letzten mit Erfolg benutzt hatte. In Amerika ist man übrigens schliesslich auf Klappenventile für Aus- und Einlass zurückgegangen. Man lässt dort dieselben wie bei grossen und schnellgehenden Hochofengebläsen auf Gitter mit 2·5 cm im Quadrat grossen Oeffnungen schlagen.

Die Gebläse sind fast alle zweicylindrig, kommen ebensowohl stehend, wie liegend vor und besitzen stets ein Schwungrad als Regulator. Die liegenden Gebläse sind zwar gegenwärtig noch am verbreitetsten, aber mit Recht brechen sich die stehenden immer mehr Bahn [1]). Man kühlt wegen der starken Erwärmung durch die comprimirte Luft die Cylinder kräftig mit Wasser. Der Kolben erhält eine selbstthätige Liderung, wie dies Fig. 125 zeigt. Durch die Kanälchen *c* und *d* dringt die comprimirte Luft ein und presst den entsprechenden Liderungsring *e* oder *f* an die Cylinderwandung.

Beispiele. Zu Wednesbury, Glasgow und Crewe hat man für die gleichzeitige Verarbeitung von 5 Tonnen Roheisen je 2 Dampfcylinder von 0·609 m Durchmesser, 3·51 Kg Dampfspannung pr. qcm, 30 Doppelhübe pr. Minute, dabei zwei Windcylinder von 1·066 m Durchmesser und 1·37 m Hub, welche Wind von 1·19 Kg Ueberdruck pr. qcm liefern. Ein- und Auslass der Luft geschieht durch Gummiringe.

Auf den Atlas-Werken zu Sheffield haben die beiden liegenden Gebläsecylinder je 0·406 m Durchmesser und 0·609 m Hub. Der Dampf hat eine Spannung von 2·81 Kg pr. qcm, der Wind eine Pressung von 1·05 Kg, dabei verarbeitet man 3 bis 4 Tonnen Roheisen in einem Gefässe. Ein- und Auslass der Luft geschieht durch Gummiringe.

Zu Königshütte in Oberschlesien macht die zweicylindrige liegende Gebläsemaschine 18 bis 20 Doppelhübe, liefert 55·64 bis 61·83 cm Wind pr. Minute von 1·32 bis 1·53 Kg Pressung pr. qcm, welcher zuvörderst in einen 52·56 cbm fassenden cylindrischen, aus Blech hergestellten Regulator strömt. Der Dampf hat 3·7 Kg Spannung pr. qcm. Der Lufteinlass geschieht mit Tellerventilen, der Windauslass durch Gummiring.

Zu Troy in Nordamerika hat jede liegende Gebläsemaschine für eine 5-Tonnen-Birne zwei 1·372 m weite Luftcylinder und zwei 1·067 m weite Dampfcylinder mit 1·524 m Hub, welche mit Condensation arbeiten.

Zu Cambriahütte in Nordamerika sind stehende Gebläsemaschinen in Anwendung. Sie saugen bei normalem Gange 226 bis 310 cbm Luft pr. Minute an und geben sie mit 1·75 Kg Druck pr. qcm ab. Die Windcylinder haben 1·37 m, die Dampfcylinder 1·07 m Durchmesser.

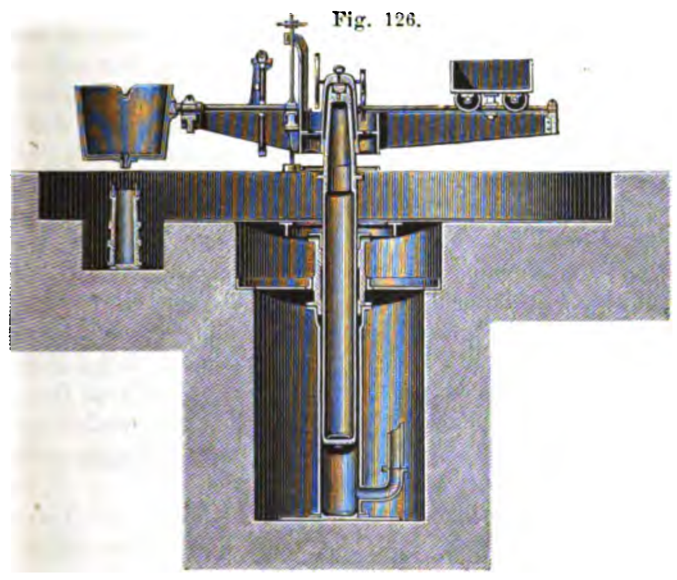
---

[1]) Ueber die Vortheile und Nachtheile der stehenden Gebläse vergl. man Abthl. II, S. 61.

Der Hub beträgt 1·52 m, der Dampfdruck 4·2 bis 4·9 Kg pr. qcm. Sie sind im Stande bis 40 Umdrehungen in der Minute zu machen.

Die Gusspfanne. Das fertige Product wird in eine Gusspfanne gegossen. Dieselbe muss gross genug sein, um Eisen und Schlacke aufnehmen zu können, muss sich der Mündung der Birne beim Kippen folgend auf und ab bewegen lassen und muss sich endlich ohne Schwierigkeiten über die Formen und von Form zu Form führen lassen. Man wendet hierzu zwei verschiedene Anordnungen an, von denen die gebräuchlichste zuerst beschrieben werden soll (Fig. 126).

Fig. 126.



Gusspfanne.

Decimeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

Die eigentliche Pfanne (*ladle*) ist kesselförmig aus Blech gearbeitet mit Ganister oder entsprechender Masse, 6·55 cm stark gefüttert, vor dem Gebrauche angewärmt und mit Grafit geschwärzt. Sie besitzt am Boden, nahe dem Aussenrande eine konische Oeffnung, welche durch einen Stöpsel verschlossen werden kann. Der Stöpsel oder Gusspfropfen ist an einem Hebel befestigt, der eine am äusseren Umfange der Pfanne angebrachte doppelte schwalbenschwanzförmige Führung hat und durch eine Schraube in jeder beliebigen Stellung festgehalten werden kann.

Zur Anfertigung des Stöpsels bedient man sich fein gepochten Schamottemehls, welches mit Thon innig gemengt und durchgearbeitet, in eine gusseiserne Form um einen Eisendorn eingestampft und gepresst wird. In ähnlicher Weise wird der Sitz für den Stöpsel für sich geformt und ebenso wie der Stöpsel (zugleich mit den Formen für die Birne) nach starker Trocknung gebrannt, damit keine Schwindung mehr ein-

treten oder Risse und Spalten an den Begrenzungen mit den übrigen Futtertheilen entstehen können [1]). Die Pfanne ist mit zwei Zapfen versehen, mit denen sie auf dem einen Arme eines starken Balanciers hängt, dessen Mitte kapselartig geformt ist und von einem hydraulischen Kolben getragen wird, wie dies Fig. 126 zeigt. In Folge dieser Anordnung sind zahlreiche Bewegungsarten ermöglicht: Zuvörderst lässt sich die Pfanne kippen, was stets nöthig ist, um sie vor dem Gusse abwärmen und nachher ganz von Schlacke befreien, auch ausnahmsweise über den Rand giessen zu können, letzteres dann, wenn durch irgend einen Umstand das Ventil versagt und der Guss daher nicht durch den Boden erfolgen kann. Die zweite, auf- und abgehende Bewegung wird durch den hydraulischen Kolben besorgt, um dessen verticale Axe sich auch die ganze Vorrichtung dreht. Diese Drehung ist an mehreren Orten mechanisch eingerichtet worden, geschieht aber der Regel nach durch Hand. Wichtig ist nur, dass die Bewegung jederzeit möglichst augenblicklich gehemmt werden kann.

Da das Gewicht der Pfanne sich beim Ein- und Ausguss wesentlich ändert, so hat man zur Vermeidung des Seitendruckes auf den Zapfen ein bewegliches Gegengewicht angebracht, wie es auch die Zeichnung in Fig. 126 zeigt. Bei nicht zu grossen Metallmengen vermeidet man indessen gern die complicirtere Einrichtung und ordnet ein unbewegliches, nur die mittlere Füllung ausgleichendes Gegengewicht an. Selten, z. B. auf nordamerikanischen Werken, findet man eine auf dem Träger durch Schraube bewegliche Pfanne. Die Formen sind selbstverständlich in der Peripherie des Kreises aufgestellt, welcher bei der Drehung des Balanciers von dem Gussloche beschrieben wird.

Eine zweite, weniger gebräuchliche Methode die Giesspfannen anzuordnen, ist diejenige, bei welcher die letztere auf einem Wagen ruht, der sich nur in gerader Linie bewegen und über die Gussformen fahren lässt. Auf den Krupp'schen Werken wird zu diesem Zwecke ein fahrbarer Dampfkrahn auf Schienen entlang geführt, welcher die Giesspfanne an einem Arme trägt, so dass ebenfalls eine auf- und abgehende, sowie eine seitliche Bewegung ausgeführt werden kann. Einfacher, wenn auch hinsichtlich der Auf- und Abbewegung, welche fehlt, unvollkommener ist die dem Flammofenflussstahlschmelzen entlehnte, später näher zu beschreibende Einrichtung, bei welcher die Giesspfanne direct auf einem vierrädrigen von einer Kette ohne Ende bewegten Wagen ruht.

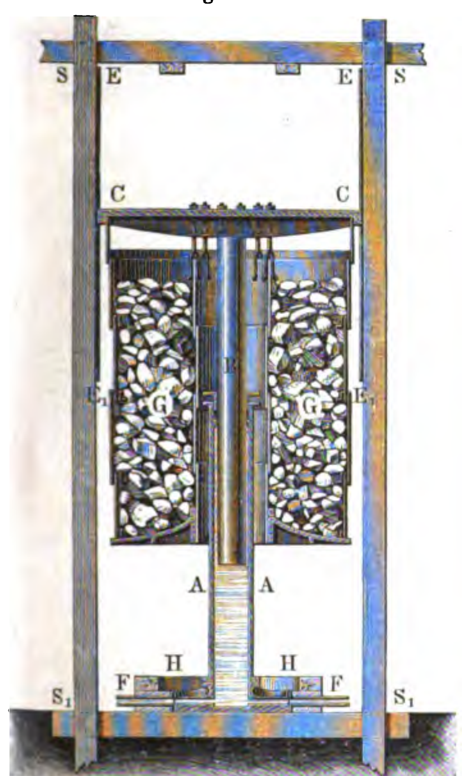
Hydraulischer Motor. Bedenkt man, dass ausser der Kippvorrichtung und der Giesspfanne, der Regel nach auch noch mehrere, durch Druckwasser bewegte Krahne zum Ausheben der Gussformen und Gussblöcke vorhanden sind, so ist erklärlich, dass sich auf eine kurze Zeit

---

[1]) Die Anfertigung dieser Theile ist ausführlich beschrieben in der Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1868, S. 214.

eine **grosse Menge** von Arbeiten zusammendrängen, welche gepresstes Wasser erfordern. Dies im Augenblick zu schaffen, dazu würden sehr grosse und kräftige Pumpen nöthig sein. Da nun verhältnissmässig lange Ruhepausen eintreten, so benutzt man kleine, aber ununterbrochen arbeitende Pumpen, deren Arbeit in einem Accumulator aufgesammelt wird. Ein solcher Accumulator nach Armstrong'schem System ist in Fig. 127 abgebildet. *AA* ist der Cylinder, in den am Fusse die beiden Seitenröhren *F* einmünden, deren eine das Wasser von den Pumpen einführt, während die andere die Verbindung mit der zu den hydraulischen Kolben gehenden Leitung herstellt. *B* ist der Kolben, welcher mit einem Querhaupte *C* versehen ist. Letzterer trägt die dem erforderlichen Drucke entsprechende Belastung *G*.


Fig. 127.



Armstrong'scher Accumulator.

Beispiel. In Königshütte beträgt die Belastung 30 000 Kg bei einem Gewicht des armirten Plungers von 5000 Kg, der Druck 11 Kg pr. qcm. Zwei doppeltwirkende Pumpen dienen zur Speisung [1]).

Auf amerikanischen Werken pflegt man eine gekuppelte Doppelpumpe mit 634 mm Durchmesser Dampf- und 288 mm Durchmesser Wassercylinder bei 609 mm Hub anzuwenden [2]).

Statt der bisher üblichen Lederstulp-Packungen für die Stopfbüchsen und Kolben der hydraulischen Maschinen, welche nicht sehr dauerhaft, und wenn gross, sehr kostspielig sind, hat man ebendaselbst

[1]) Nicht vortheilhaft erscheint es, die Pumpen mit der Gebläsemaschine zu verbinden, da deren Wirksamkeit nicht fortläuft und zum Theil gerade in eine Zeit fällt, wo Druckwasser in reichlicher Menge gebraucht wird. — [2]) Polyt. Centralbl. 1873, S. 408. Maschinenanlagen für den Bessemerprocess v. A. B. Holley.

mit ausgezeichnetem Erfolge die Martin'sche Packung eingeführt, welche aus einem in Gestalt eines Ringes gewickelten Hanfbande besteht, das an der Reibungsseite mit Drahtgewebe bedeckt wird.

Schmelzapparate. In verhältnissmässig wenigen Fällen ist man in der Lage, im Hochofen ein Material von stets so gleichmässiger für den Bessemerprocess geeigneter Beschaffenheit zu erzeugen, dass man dasselbe im flüssigen Zustande direct in die (natürlich vorher auf den Rücken gekippte) Birne einlassen kann. Dann bedarf man keiner besonderen Schmelzapparate. Man legt die Mündung der gekippten Birne tiefer an, als das Stichloch des Hochofens und lässt das Roheisen durch einen Sumpf [1]) und ein Gerinne direct einfliessen [2]).

In einzelnen Fällen, in denen man das Roheisen flüssig aus dem Hochofen verwenden will und kann, fährt man es in grossen auf Rädern stehenden Giesspfannen zur Bessemeranlage. Zu diesem Zwecke ist vor dem Stichloch eine einseitig offene Grube angelegt, in welche die Giesspfanne geschoben wird. Nachdem einige Kohlen in dieselbe geworfen sind, um den Boden vor dem Anprall des Eisens zu schützen, sticht man ab und fährt das flüssige Eisen möglichst schnell zur Bessemerhütte, wo es meist — wie z. B. in Königshütte — durch einen Aufzug in die Höhe gehoben und sofort in einen mit der Birne durch eine Rinne verbundenen Sumpf entleert wird.

Selten treffen die angegebenen Bedingungen zu; oft mangelt es bei älteren Hochofenanlagen unter sonst günstigen Umständen an Raum, um eine Bessemeranlage in hinreichender Nähe vom Abstichloch anordnen zu können, und man kann daher die directe Verwerthung des flüssigen Roheisens aus dem Hochofen als Ausnahme bezeichnen. Nur in Schweden galt das Verhältniss als Regel, so lange man mit den kleinen stehenden Oefen arbeitete.

Die allgemeine Regel ist, dass entweder die eigenen Hochöfen nicht im Stande sind, die hinreichenden Mengen geeigneten Roheisens zu liefern, oder dass die Zeiten des Abstiches nicht mit denen des Bessemerns passen, oder dass die Bessemeranlage zu weit vom Hochofen liegt, um ohne bedeutenden Wärmeverlust einen Transport des flüssigen Roheisens zu gestatten. Dann ist man also genöthigt, das Roheisen umzuschmelzen. Früher geschah dies allein in Flammöfen. Die hierbei fast unvermeidliche Siliciumentziehung in Folge eines beginnenden Feinprocesses hat indessen diese Ofenart beinahe ganz verdrängt und an ihre Stelle Kupolöfen treten lassen. Nur für das Einschmelzen des zur Rückkohlung erforderlichen Spiegeleisens kommen noch mehrfach Flammöfen zur Anwendung.

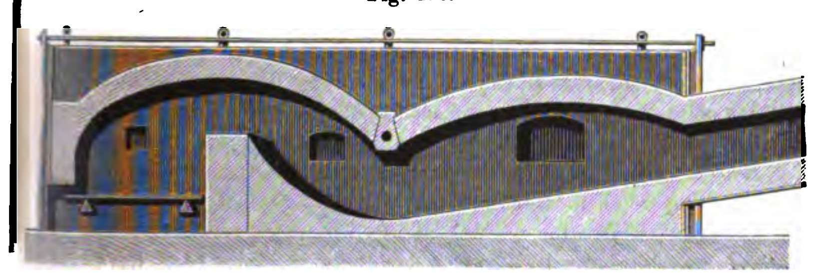
Flammöfen. Einen in den üblichen Dimensionen für einen Einsatz von 4 bis 6 Tonnen Materialroheisen hergestellten Flammofen zei-

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 736. — [2]) Wo kein dieser Einrichtung zu Hülfe kommendes unebenes Terrain vorhanden ist, muss der Hochofen auf ziemlich (circa 3 bis 4 m) hohem Fundamente liegen.

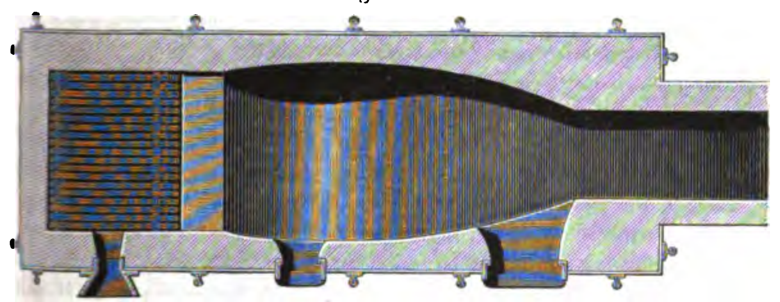
gen die Figuren 128 und 129, während die Figuren 130 und 131 einen

Fig. 128.



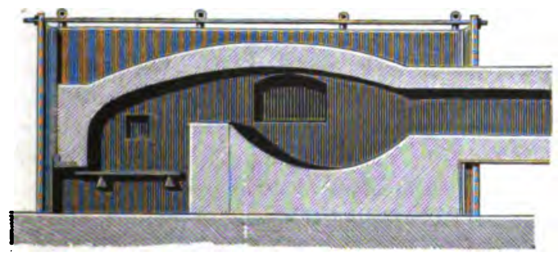
Roheisenflammofen. Verticalschnitt.

Fig. 129.



Roheisenflammofen. Horizontalschnitt.

Fig. 130.



Spiegeleisenflammofen. Verticalschnitt.

Fig. 131.



Spiegeleisenflammofen. Horizontalschnitt.

Decimeter 10 5 0 1 Meter.

ebensolchen Spiegeleisenschmelzofen darstellen [1]). Bei der Construction bleibt Hauptsache die Möglichkeit einer schnellen Schmelzung und Erhaltung des geschmolzenen Roheisens bis zum Abstich in heissem und unoxydirtem Zustande. Aus diesem Grunde arbeitet man mit hoher Brennmaterialschicht auf dem Roste und reducirender Flamme, zieht auch das Gewölbe zum Sumpfe nieder und macht alle Arbeitsöffnungen möglichst klein und wohl verschliessbar.

Kupolöfen. Die zum Umschmelzen des Bessemerroheisens angewendeten Kupolöfen müssen so construirt sein, dass in der zwischen zwei Hitzen liegenden Zeit die nöthige Menge Eisen eingeschmolzen und ohne wesentliche Abkühlung, geschützt vor dem Einflusse der oxydirenden Luft, bis zum Gebrauche aufbewahrt werden kann.

Unter den vielen zu diesem Zwecke vorgeschlagenen und mit mehr oder weniger Erfolg benutzten Kupolöfen hat sich am meisten der Ireland'sche und der Krigar'sche Ofen [2]) bewährt.

Der erstere hat den Sammelherd direct unter dem an den Formen stark zusammengezogenen Schachte, der letztere dagegen getrennt vom Schachte vor demselben. — Wo der Kupolofen keinen hinreichend grossen Sammelherd besitzt, z. B. auf einigen amerikanischen Hütten, sticht man das flüssige Roheisen zuvörderst in eine Sammelpfanne ab, welche durch Kippung vermittelst einer Schnecke in die Gussrinne entleert wird. Diese Einschaltung einer Giesspfanne zwischen Kupolofen und Birne ist übrigens auch bei Vorhandensein eines Sammelherdes in mancher Hinsicht zweckmässig. Der Kupolofen kann nämlich nicht ganz so regelmässig und ökonomisch betrieben werden, wie erwünscht, wenn sein Herd mit einer so grossen Eisenmenge, wie z. B. 6000 Kg pr. Stunde, angefüllt werden muss. Ferner soll das Gewicht der Einsätze möglichst gleichmässig sein, um Uebereinstimmung im Gange der einzelnen Hitzen zu erzielen. Dies kann nur durch Abwiegen der Roheisenmengen zwischen Kupolofen und Birne geschehen und lässt sich leicht erreichen, wenn man die Giesspfanne auf eine Brückenwage setzt. Endlich kann es auch vorkommen, dass eine Birne nicht dienstbereit ist [3]), und dann muss das geschmolzene Roheisen in die Giesspfanne abgestochen werden, ohne in die Birne zu gelangen.

An Schmelzkoks braucht man einschliesslich des Anwärmens der Regel nach 15 bis 20 Proc. des Roheisens.

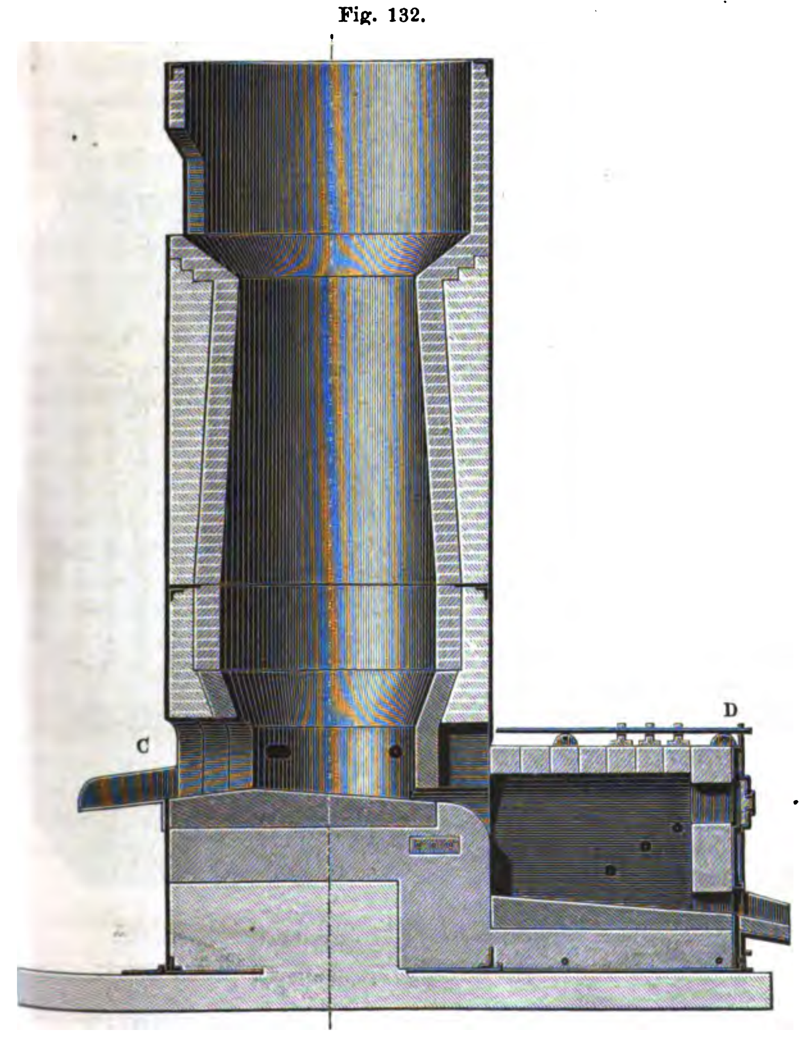
Der in den Figuren 132 und 133 (a. f. S.) [4]) abgebildete Krigar'sche Ofen, welcher 5·4 m hoch ist und an der Gicht und im Herde 1·25, in der Mitte 1·57 m Durchmesser besitzt, würde im Stande sein, 6000 bis 6500, ausnahmsweise bis 9500 Kg Roheisen in einer Stunde zu schmelzen.

[1]) Der Einsatz an grauem Roheisen schmilzt in 4 Stunden bei einem Verbrauche von 42 bis 45 Kg Steinkohle und 7 bis 8 Proc. Abgang, das Spiegeleisen in 1/4 bis 3/4 Stunde. — [2]) Vergl. Dürre, Handbuch des Eisengiessereibetriebes, 2. Bd., S. 81, 83 u. 89. — [3]) Holley, polyt. Centralblatt 1873, S. 408. — [4]) Uhland, Maschinen-Constructeur 1873, Taf. 90.

Er wird durch vier Düsen von je 22·9 mm Durchmesser, welche 275 mm über dem Boden liegen, mit Wind versorgt.

Der zu Königin-Marien-Hütte benutzte Krigar'sche Kupolofen hat im oberen cylindrischen Theile 1·22 m Durchmesser, an den Formen

Fig. 132.



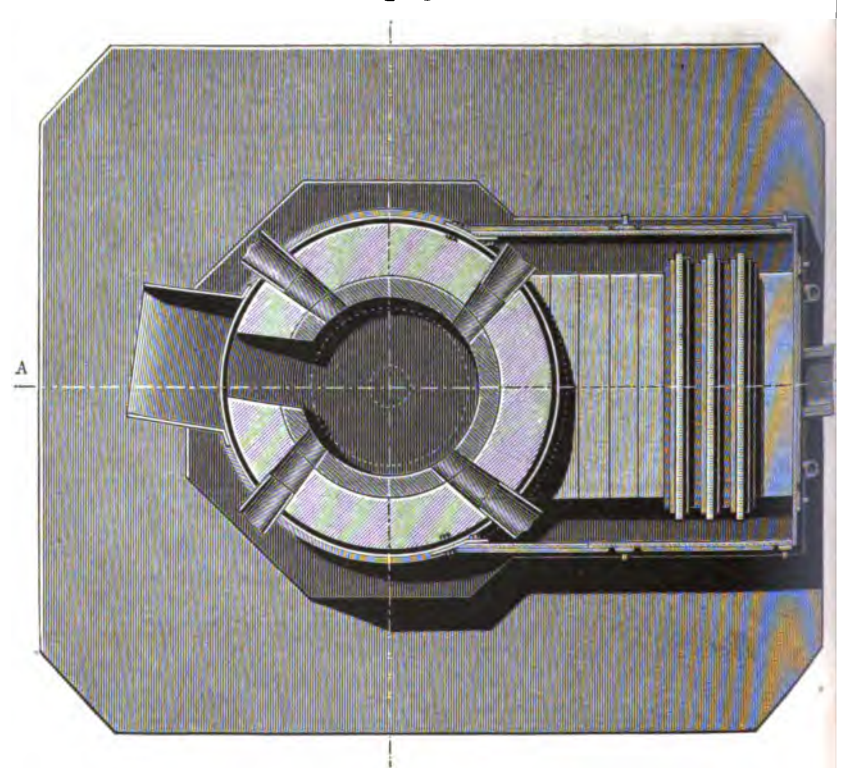
Krigar'scher Kupolofen. Verticalschnitt nach AB (Fig. 133).

0·76 m und ist 3·66 m hoch. Er besitzt 4 Formen von 110 mm Durchmesser. Die Windpressung beträgt 4 bis 5 cm Quecksilbersäule. Die in den Vorherd mündende Ofensohle liegt 15 cm unter den Formen. Der Ofen schmilzt in einer Woche 450 000 Kg Roheisen nieder, d. h. die Be-

schickung für 14 bis 15 Hitzen à 5000 Kg pr. 24 Stunden, ohne ausser Betrieb zu kommen [1]).

Als Gebläse werden für die Kupolöfen sowohl Ventilatoren (z. B. in Hörde) als Kapselräder (z. B. in Oberhausen) benutzt. Unter den letzten hat sich besonders das Root'sche Gebläse allgemeinen Eingang verschafft und ist deshalb in den Figuren 134 und 135 [2]) abgebildet worden. Uebrigens aber kommen auch gewöhnliche Kolbengebläsemaschinen zur Anwendung (z. B. zu Königin-Marien-Hütte eine von

Fig. 133.



Krigar'scher Kupolofen. Horizontalschnitt nach *CD* (Fig. 132).

Decimeter 10 5 0 1 2 3 Meter.

20 Pferdekraft mit drei Cylindern für den Betrieb von zwei Kupolöfen) und diese dürften sogar bei grösserem Betriebe am meisten empfehlenswerth sein, da sie jedenfalls den grössten Nutzeffect geben.

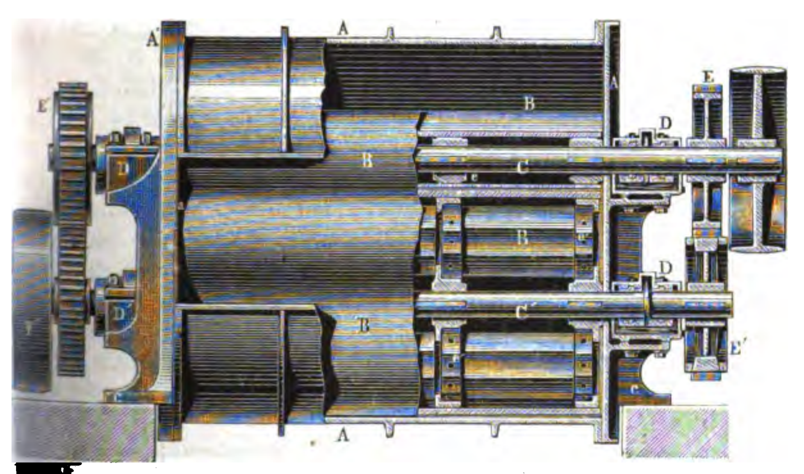
---

[1]) Fabrikation von Bessemerstahlkopfschienen von Petzoldt und Heusinger von Waldegg, S. 5. — [2]) Nach Armengaud, Publication industrielle, Vol. 19, Pl. 36, Fig. 3 und 4.

Anordnung des Bessemerapparates.

Von der ersten Bessemeranlage mit zwei Birnen, welche auf der

Fig. 134.



Root'sches Kapselgebläse. Verticalschnitt.

Decimeter 10 5 0 1 Meter.

Hütte zu Sheffield ausgeführt wurde, hat sich der dort angewendete Plan fast überallhin verbreitet.

Fig. 135.

Querschnitt durch die Kapselräder.

Die beiden Bessemerbirnen sind parallel angeordnet, haben also eine gemeinschaftliche Drehaxe und hängen in einer solchen Entfernung von einander, dass sie gekippt den von der Giesspfanne beschriebenen Kreis treffen und der Winkel zwischen den beiden zu ihren Mündungen gezogenen Radien 90° beträgt. Wo man mehrere Birnen anlegte, gruppirte man sie meist zu parweisen Systemen, deren jedes dieser Anordnung entsprach.

In Dowlais ging man zuerst von diesem Plane ab, indem man die beiden Birnen gerade gegenüber stellte; sie treffen daher dort beim Kippen den Giesspfannenkreis so, dass der eingeschlossene Winkel 180° beträgt [1]).

Diese Anlage, deren Anordnung in den Figuren 136 und 137 (a. f. S.) dargestellt ist, besteht aus drei Gruppen mit je zwei Birnen *a*. Als Einschmelzöfen dienten früher hier wie überall Flammöfen *b*, die später durch Kupolöfen ersetzt worden sind. Die Spiegeleisenschmelzöfen sind mit *c* bezeichnet. Das Eisen fliesst durch die Gerinne *d* in den gusseisernen, mit Schamotte ausgefütterten Kanal *e*, an welchen sich das verlängerte und an Scharnieren drehbare, damit verbundene Mundstück *f* anschliesst. Die Kettentrommel *g* (Fig. 137) dient zum Aufziehen dieser Stücke nach vollendetem Einguss. Das Gegengewicht *g''* balancirt das Gewicht der Rinne ab. Die Umdrehung der Kettentrommel wird durch die Kettenscheibe *h* vermittelst der Kette *g'* von dem Podest *i* aus bewirkt. Die Essen *k* zur Abführung der Gase setzen sich nach unten nur in zwei Mauern fort, gestatten also einen Durchgang für den Arbeiter, der den Boden des Gefässes zu reinigen hat, ohne dass er die Giessgrube zu betreten braucht.

Der hydraulische Krahn *l* trägt die Giesspfanne, welche durch Schneckenrad *n* und Schraube ohne Ende *n'* vermittelst der Kurbel *o*, *o'* gekippt werden kann.

Zum Kippen der Birne dient der hydraulische Cylinder *p*. Das Einsetzen der Giesspfanne und das Ausheben der Gussblöcke geschieht durch die hydraulischen Krähne *q q'*.

Die sämmtlichen Hähne und Ventile liegen dem Birnenpar gegenüber. *u* ist das Ventil für den Wasserkrahn der Giesspfanne, *v* für die Kippvorrichtung der rechten, *v'* für die der linken Birne, *w* für den rechten, *w'* für den linken hydraulischen Hebekrahn.

Bei einer so weiten Entfernung der beiden Birnen von einander kam man auf den Gedanken noch eine dritte Birne einzuschalten, deren Kippaxe rechtwinklig zu der der beiden anderen liegt. Man hat diese Anordnung z. B. in Hörde und in Barrow [2]) ausgeführt. Indessen scheint eine derartige Einrichtung doch zu beengt für einen fortlaufenden Betrieb mit allen drei Apparaten.

Auf dem Krupp'schen Werke sind die Birnen zu je fünf oder sechs in eine Reihe gelegt. Für solche Anordnung ist natürlich eine um eine Axe drehbare Giesspfanne nicht anzuwenden und man bedient sich daher dort des vorher beschriebenen fahrbaren Dampfkrahnes.

In Bezug auf die verticale Anordnung ist Folgendes zu bemerken: Die Umschmelzöfen müssen so hoch angelegt sein, dass das aus

---

[1]) Vergl. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1868, Taf. I, Figuren 1 u. 2. — [2]) Hier umfassen die beiden äusseren Birnen nur einen Winkel von 120°, je zwei also einen von 60°.

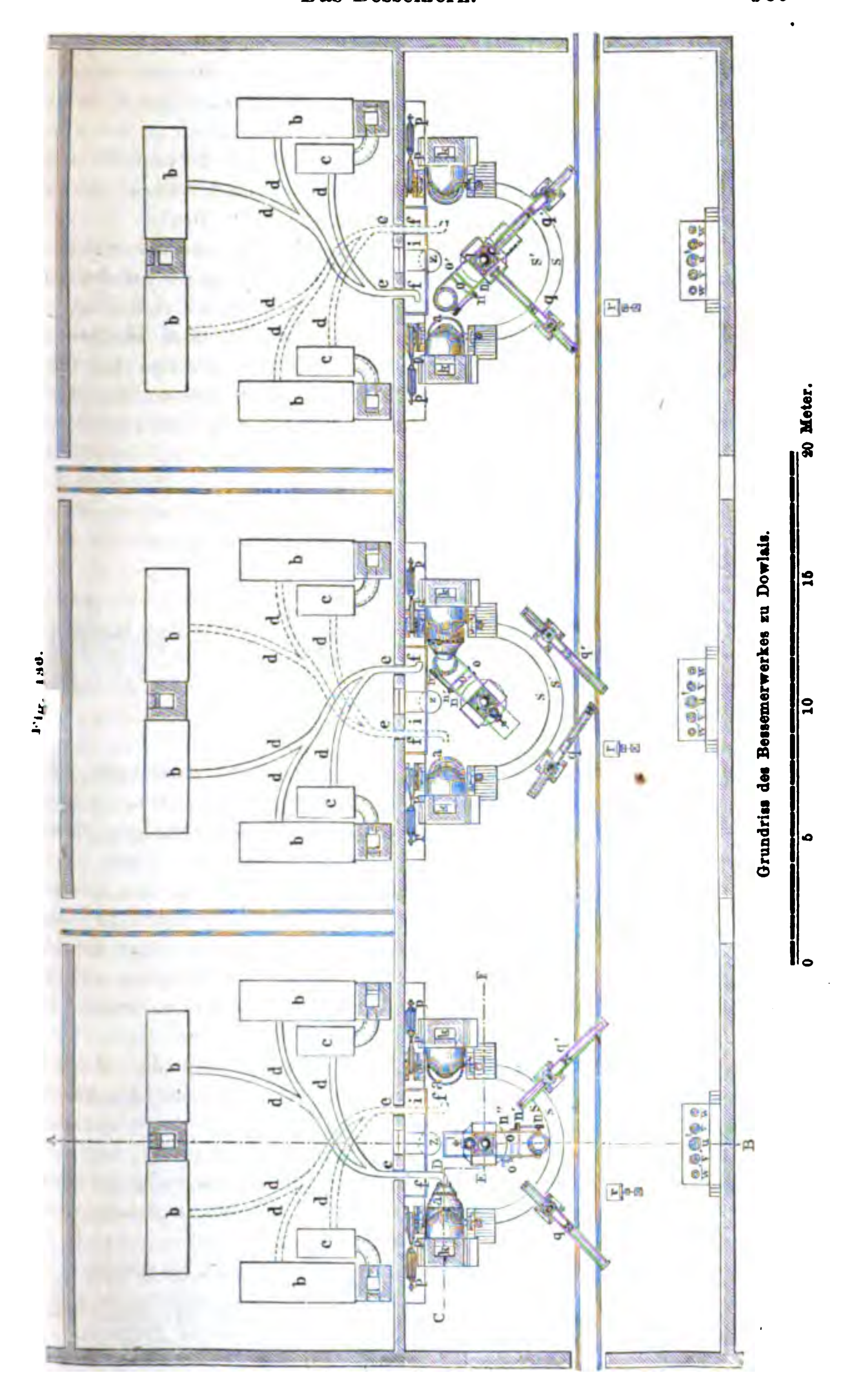


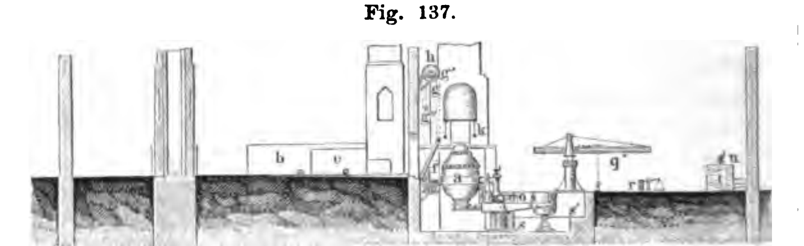
Fig. 138.

Grundriss des Bessemerwerkes zu Dowlais.

ihnen abgestochene Roheisen mit einem hinreichenden Gefälle in die Mündung der umgekippten Birne gelangen kann. Ferner müssen die Zapfen und die damit verbundenen Vorrichtungen an der Birne leicht zugänglich sein. Es muss sich also ein zweites Plateau in deren ungefährer Höhe befinden. Ein drittes Niveau bildet die Hüttensohle, welche der Ausgusshöhe der Birne entspricht, ein viertes der Stand der Gussformen, welcher daher vertieft unter der Hüttensohle liegt.

In Amerika sollen die Werke insofern zweckmässiger angelegt sein [1], als die Sohle der Giessgrube gleichzeitig die Hüttensohle ist und die Birnen dementsprechend höher gelegt sind. Es befindet sich dann eine Platform um die Birne herum, von welcher diese in allen Theilen leicht zugänglich ist. Darunter liegt ein (von den Giessgruben getrennter) Platz, auf welchen die Schlacken geblasen werden, von wo aus der Boden gereinigt wird und ähnliche Arbeiten geschehen. In vielen Fällen

Fig. 137.



Aufriss des Bessemerwerkes zu Dowlais.

ist die erwähnte Platform gleichzeitig die Sohle der Schmelzhütte, welche dann zweietagig wird und in der unteren Etage Raum bietet, um sowohl die Aufzüge für Roheisen, Schmelzkohle u. s. w. anzubringen, als auch zu den Birnen von der Rückseite gelangen zu können. Diese Einrichtung, welche namentlich in Bezug auf die Lage der Birnen mit derjenigen der Atlas-Hütte zu Sheffield und ebenso mit derjenigen zu Königshütte in Oberschlesien übereinstimmt, hat im Uebrigen gegen diese den Vortheil grösserer Zugänglichkeit und besserer Ventilation. Freilich muss eine solche hoch gelegene Anlage auch entschieden theurer ausfallen. Auch darf nicht vernachlässigt werden, dass die ebene Hüttensohle den Nachtheil hat, dass bei Unglücksfällen sich das Metall im ganzen Hüttenraume verbreiten und leicht Menschen und Apparate beschädigen kann.

In Barrow [2]), wo sechs Gruppen bestehen, zwei mit 2, zwei mit 1 und zwei mit je 4 Frischbirnen, hat man im letzten Falle zwei Paare mit dem Rücken gegeneinander an eine Esse gestellt, in welche gleichzeitig die vier parweis und seitwärts stehenden Kupolöfen münden. Die Zugänglichkeit ist indessen bei dieser Anordnung sehr erschwert.

---

[1]) Lenok Smith, Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1872, S. 297 u. f. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1873, S. 177.

Der Bessemerprocess.

Technische Ausführung und äussere Erscheinungen.

Der Process beginnt mit dem Füllen der vorher hinreichend abgewärmten oder noch heissen Birne mit flüssigem Roheisen, welches durch eine mit einem beweglichen Mundstück versehene, mit Sand gefütterte Eisenrinne in deren Mündung fliesst. Die Birne ist hierbei so auf dem Rücken gekippt, dass die Unterkanten des Bodens und der Mündung in einer horizontalen Ebene liegen.

Ist die Füllung vollendet, so wird die Birne aufgekippt. In dem Augenblicke, wo das flüssige Roheisen die Formen berührt, muss auch das Ventil geöffnet sein und der Luftstrom durch die flüssige Masse hindurchtreten. Es beginnt sofort die Oxydation des Siliciums und eines Theils des Eisens, beziehungsweise des Mangans, sowie der Uebergang des Grafits in den amorphen Zustand, also die Feinperiode, welche hier auch oft Schlackenbildungsperiode genannt wird. Im Anfang herrscht verhältnissmässige Ruhe. Man hört nur das Geräusch der aufsteigenden und zum grossen Theil mit Lebhaftigkeit absorbirten Luftblasen. Ein nicht leuchtender, sondern nur von innen roth erleuchteter Gasstrom tritt durch die Mündung aus, häufig mit rothen Funken gemengt. Bald aber und zwar meist sehr plötzlich nimmt die Flamme Körper an, sie wird orangefarben und selbstleuchtend. Einzelne blaue Streifen sind ihr beigemengt und ein weisser Saum bezeichnet die Verbrennung der in der Flamme enthaltenen brennbaren Gasarten an der Luft. Noch ist übrigens die Leuchtkraft gering, aber sie steigt nun schnell. Funken verbrennenden Eisens und weissglühende Schlackentheilchen mischen sich ihr bei. In dieser Zeit geht die Oxydation des Siliciums bis zur vollständigen Verschlackung, also bis zum Schluss der Feinperiode fort. Der ganze der Feinperiode entsprechende Vorgang nimmt der Regel nach die Hälfte der Gesammtdauer des ganzen Processes in Anspruch. Diese verhältnissmässig lange Zeit wird offenbar dadurch hervorgerufen, dass sich nicht nur Silicium mit einer entsprechenden Menge Mangan und Eisen zu einem Singulosilicate oxydirt und verbindet, sondern die Bildung des Singulosilicats wesentlich durch das Eintreten von Kieselsäure aus dem Futter verzögert wird.

Es beginnt nun die Aufnahme von Eisenoxydoxydul in die Schlacke und damit die zweite Periode, die Rohfrisch-, Koch- oder Eruptionsperiode. Das Eisenoxydoxydul bildet sich in sehr grossen Mengen und wirkt so energisch auf den Kohlenstoff des Eisens ein, dass das dabei gebildete Kohlenoxyd nicht nur, wie beim Puddeln, ein Aufschäumen hervorruft, sondern ganze Garben von Eisen und Schlacke mitreisst,

welche als Funken und Sternchen der Flamme beigemengt eine der schönsten Erscheinungen aller eisenhüttenmännischen Processe bilden. Auch hier folgt auf eine jede solche Eruption eine Zeit verhältnissmässiger Ruhe, in welcher das erschöpfte Eisenoxydoxydul von neuem gebildet wird. Die Flamme ist in dieser ganzen Zeit sehr hell, oft beinahe weiss, leuchtet stark, auch wenn Eisenfunken und Schlackentheilchen ihr nicht gerade beigemengt sind. Dabei tritt sie stossweise aus und flackert unruhig. Die Ränder derselben erscheinen mit unzähligen Spitzen besetzt. Die Dauer dieser Periode ist sehr wechselnd, im Durchschnitt kann man $^1/_3$ der ganzen Zeit darauf rechnen.

Soll direct Stahl erzeugt werden, so unterbricht man nun den Process durch Kippen der Birne und Abstellen des Gebläsestroms. Indessen ist es nicht leicht, den richtigen Zeitpunkt hierfür festzuhalten — die Mittel zur genaueren Beurtheilung werden später angegeben werden — und man fährt daher der Regel nach mit Blasen bis zur gänzlichen Entkohlung des Eisens fort. Es schliesst sich also dann die Garfrisch- oder Entkohlungsperiode an.

Die Flamme, welche den höchsten Glanz erreicht, wird ruhig und nimmt an Durchsichtigkeit zu. Blaue und violette Streifen nehmen überhand, oder sind wenigstens deutlich erkennbar. Plötzlich hört die Flamme auf und damit ist die Entkohlung vollendet. An Stelle der Flamme strömt aus der Mündung nur noch ein von innen hell erleuchteter, selbst aber nicht leuchtender und ganz durchsichtiger Gasstrom aus. Jetzt wird die Birne gekippt und der Gebläsestrom gehemmt. Diese letzte Periode, in welcher die Entkohlung ganz oder beinahe ganz zu Ende geführt wird, dauert am kürzesten und nimmt durchschnittlich das letzte Sechstel des ganzen Zeitraums in Anspruch, welcher zwischen 4 und 50 Minuten schwankt, der Regel nach aber 20 bis 25 Minuten beträgt.

Während bei den verschiedensten, umgeschmolzenen Roheisensorten fast überall die mittlere Zeit innegehalten wird, finden ungemein starke Schwankungen bei der Verarbeitung solchen Eisens statt, welches direct aus dem Hochofen genommen wird. So dauert z. B. zu Heft der Process der Regel nach über $^3/_4$ Stunden, in Schweden dagegen nur 4 bis 10 Minuten [1]).

Man sieht aus dem Vorhergehenden, dass in Bezug auf die Darstellung von Stahl und Schmiedeisen gar kein Unterschied obwaltet, vielmehr nur der Process je nach dem zu erzielenden Kohlenstoffgehalte früher oder später unterbrochen wird.

---

[1]) Vergl. Åkerman: Der Standpunkt der Eisenfabrikation in Schweden 1873. Hiernach sind die durchschnittlichen Sätze in den Birnen dort 2300 bis 3900 Kg. Es werden 6 bis 7 Formen mit je 6 bis 7 Oeffnungen à 11 bis 18 mm Durchmesser angewendet und die Windpressung beträgt zwischen 600 und 900 mm Quecksilbersäule.

Das am meisten entkohlte, noch technisch verwerthbare Product von 0·05 bis 0·15 Proc. Kohlenstoffgehalt nennt man aus weiter unten zu erörternden Gründen No. 7 und darnach die Erscheinung, welche die Entkohlung anzeigt und durch das Aufhören der Flamme karakterisirt ist, den Siebener. Zuweilen tritt nun eine ähnliche Erscheinung schon vor der vollkommenen Entkohlung ein und diese nennt man den falschen Siebener. Er zeigt sich in folgender Erscheinung: Kurz vor dem Beginn der dritten Periode wird die Flamme kurz oder verschwindet ganz, als wenn schon No. 7 erzeugt, also ganz entkohlt wäre, während der Kohlenstoffgehalt noch circa 1 bis 1·25 Proc. beträgt. Die Flamme erscheint hiernach wieder und bleibt bis zum wirklichen Ende der dritten Periode, wie bei der Darstellung des richtigen oder weichen Siebener.

Fast stets ist die Flamme vom Beginn der Rohfrischperiode an bis zum Schlusse von einem leichten, weissen, gelblichen oder braunen Rauche begleitet. Ist das Roheisen sehr manganhaltig, so wird dieser Rauch so stark, dass er als dicke, braune Wolke die Flamme oft bis beinahe zur Unkenntlichkeit einhüllt. Dieser Rauch besteht aus verdampfender Schlacke, kieselsaurem Eisen- und Manganoxydul.

Die Windpressung wird vom Beginn des Processes an bis zur Rohfrischperiode gesteigert, dann lässt man sie sinken, steigert sie aber wieder, sobald die Eruptionen nachlassen, und giebt die grösste Höhe am Schlusse der Garfrischperiode. Man beginnt der Regel nach mit 1·17 Kg, steigt auf 1·46, geht wieder auf 1·24 bis 1·32 hinab und hört am Ende mit 1·53 bis 1·71 Kg pr. qcm Ueberdruck auf.

Wird in der Rohfrischperiode das Aufkochen sehr stürmisch, so bläst man verhältnissmässig schwächer; versetzen sich die Formen, so bläst man stärker; ebenso muss bei starkem Ausbrennen der Formen eine grosse Menge Luft gegeben werden, um sie bis zum Schlusse des Processes zu erhalten, obwohl dadurch der Auswurf und damit der Verlust meist erheblich gesteigert wird.

Stahlabfälle, welche man mitverwerthen will, bringt man der Regel nach in der zweiten Periode in rothwarmem Zustande in die zu diesem Zwecke geneigte Birne. Nur bei sehr hitzigem Gange setzt man sie am Ende dieser Periode vor dem falschen Siebener zu. Man kann um so mehr davon verwerthen, je heisser das Eisen geht, und richtet sich lediglich nach der Temperatur, welche nicht unter das für einen guten Verlauf nöthige Maass hinabgedrückt werden darf.

Unter die so zu verwerthenden Stahlabfälle rechnet man zwar auf einigen Werken allen nicht verkäuflichen Stahl, jedoch in der Regel nur die Enden ausgewalzter Stäbe, Schienen, Bleche u. s. w. oder einzelne Ausschussstücke. Das aus dem Auswurf der Birne gewonnene Metall setzt man dagegen besser beim Hochofenbetriebe wieder zu und Fehlgüsse, d. h. mangelhafte, z. B. rissige, unganze und die Weiterverarbeitung nicht vertragende Gussstücke verarbeitet man im Flammofen

auf Flussstahl, weshalb — wie dies weiter unten noch näher begründet werden wird — auch eine Bessemeranlage immer mit Flussstahlflammöfen ausgerüstet sein sollte.

Auf einzelnen englischen Werken setzt man kalte Schienenenden gleichzeitig mit Koks, die zum Vorwärmen der Birnen verwendet werden, in die letztere ein, ehe noch das flüssige Roheisen in das Gefäss gelangt.

Erzeugt man direct Stahl, hört man also mit dem Ende der Rohfrischperiode auf, so giesst man das Product sofort in die Giesspfannen aus, kippt darauf die Birne ganz um, bläst den Rest der Schlacke aus und kann, wenn keine Reparaturen des Futters oder der Formen nöthig sind, sofort von neuem füllen. Sind hingegen Reparaturen erforderlich, so kühlt man das Gefäss durch Hindurchblasen von Gebläseluft hinreichend ab.

Das ganz entkohlte, meist bereits sauerstoffhaltige Schmiedeeisen giesst man niemals aus, sondern beraubt es in directem Anschluss an den Frischprocess seines Sauerstoffgehalts oder erhöht seinen Kohlenstoffgehalt durch Zusätze von Ferromangan oder Spiegeleisen, wie dies später bei den Flussstahlprocessen erläutert werden wird, und giesst es dann erst aus, nachdem man zuweilen noch einmal die Birne aufgerichtet und kurze Zeit geblasen hat.

Beispiele des Bessemerbetriebes.

Als ein Beispiel soll im Folgenden der Bessemerbetrieb zu Hörde in Westfalen geschildert werden [1]). Dieses Werk war ausser dem Krupp'schen das erste Hüttenwerk Deutschlands, welches sich zur Einführung des Processes entschloss. Es zeichnete sich stets durch die Liberalität aus, mit der die daselbst gemachten Erfahrungen ohne Geheimnisskrämerei mitgetheilt wurden, und ist als eine der wichtigsten Schulen der deutschen Bessemerhüttenleute anzusehen. Es möge vorausgeschickt werden, dass die erste Anlage daselbst eine ziemlich getreue Copie derjenigen der Atlashütte zu Sheffield war. Man bedient sich darin noch jetzt der Flammöfen zum Umschmelzen. Als der Bedarf an Bessemerstahl sich ausdehnte, schritt man zur Erweiterung der älteren, zwei Birnen umfassenden Anlage durch Erbauung einer Hütte mit drei Birnen und führte für das Roheisen die Umschmelzarbeit in Kupolöfen ein, während für das Umschmelzen des Zusatz-(Spiegel-) Eisens Flammöfen beibehalten wurden.

Der Betrieb dieser neueren Anlage in seiner gegenwärtigen Form soll hier allein beschrieben werden.

---

[1]) Nach einer Mittheilung im Berggeist 1874, S. 645.

Die Kupolöfen werden behufs des Abwärmens zuvörderst vollständig mit Koks (12 Körben à 32·5 Kg) gefüllt. Nach dem Niederbrennen dieser Füllung werden 5 bis 6 Körbe = 162·5 bis 195 Kg Koks nachgegeben, die zum Tragen der ersten Eisengicht von 1250 Kg bestimmt sind. Darauf kommen etwa $^1/_2$ Korb Kalkstein, 2 Körbe Koks als regelmässige Gicht und 1250 bis 1350 Kg Roheisen, welche Zusammensetzung der Beschickung bis zur Vollendung des Schmelzens beibehalten wird. Wird nach vollendeter Hitze nicht sofort von neuem geblasen, so wird der Kupolofen inzwischen durch Koksfeuer warmgehalten. Es sind dazu durchschnittlich 500 bis 600 Kg Koks erforderlich. Während des Ganges des etwa 45 bis 50 Minuten dauernden Schmelzens werden zusammen 5 500 Kg Roheisen mit 150 Kg Kalk als Zuschlag durchgesetzt und circa 425 Kg Koks verbraucht. Der Eisenabbrand beträgt 8 bis 9 Proc. Der Ofen hält ohne Hauptreparatur 30 Hitzen aus.

Die zum Umschmelzen des Spiegeleisens dienenden Flammöfen erfordern pr. Ofen zum Abwärmen etwa 450 Kg Steinkohlen in einem Zeitraum von 8 Stunden. Jeder Satz, bestehend aus 250 Kg Spiegeleisen, braucht circa 87·5 Kg gute Flammkohlen [1]). Das Einschmelzen selbst dauert etwa 20 Minuten und der Abbrand beträgt 6 Proc. Bei fortdauernder Betriebsthätigkeit hält der Ofen circa eine Woche aus, während der Herd öfter ausgebessert werden muss.

Das Auswärmen einer neu zugestellten Birne geschieht durch möglichst reine Steinkohlen, welche man bis zur Mündung auffüllt und dann entzündet. Zunächst lässt man sie nur durch den natürlichen Zug verbrennen, welcher entsteht, so lange der Boden unverschlossen ist. Nach wenigen Stunden aber schliesst man den Boden und giebt Wind von 0·05 bis 0·12 Kg pr. qcm Pressung. Das Futter wird dadurch schliesslich hell rothglühend, so dass man etwa entstandene Risse leicht wahrnehmen und nach nochmaliger Abkühlung ausflicken kann. Sind dieselben indessen unerheblich (was bei sorgsamem Futtern meist der Fall ist), so können sie während des Anwärmens verstrichen und das zeitraubende Erkalten kann umgangen werden. Ist eine Füllung von Kohlen verbrannt, so wird die übrige Asche entfernt, die Düsenlöcher werden auf das sorgfältigste gereinigt und die Operation wiederholt sich zum zweiten Male.

Durch die Asche der Kohlen entsteht nach und nach auf der Innenfläche des Futters eine dünne Glasur, die viel zur Conservirung desselben beiträgt [2]). Ein so hergestelltes Futter hält 60 bis 70 Hitzen aus. Der Boden der Birne muss allerdings meist schon nach der fünften oder sechsten Hitze ganz erneuert werden. Zu diesem letzten Zwecke wird die Masse am unteren Ende abgestossen und die Birne soweit abgekühlt,

[1]) In Königshütte verbraucht man zum Schmelzen des Spiegeleisens (200 bis 240 Kg) und zum Warmhalten des Ofens in den Pausen 87 bis 90 Kg Steinkohlen. — [2]) Vergl. S. 347.

dass ein Arbeiter ohne wirkliche Gefahr darin arbeiten kann. Dann wird Bodenplatte und Windkasten angeschraubt, neue Formen werden eingesetzt, die Birne kommt wieder in die verticale Stellung und ein Arbeiter steigt durch die Mündung hinein, um das Einstampfen der neuen Bodenmasse vorzunehmen.

Um beim Abwärmen die Feuchtigkeit besser entweichen zu lassen, sind die Mantelbleche der Birnen mit zahlreichen Löchern versehen.

Das Auswärmen der Giesspfannen geschieht ebenfalls mit guten Stückkohlen. Nach der Vollendung dieser Operation lässt man die Pfanne wieder erkalten, bis ein Arbeiter hineinsteigen und das genaue Einpassen des Stopfens vornehmen kann. Risse, welche sich in der Lehmbekleidung leicht gebildet haben können, werden oberflächlich ausgekratzt und frisch verstrichen, worauf man die ganze Innenfläche mit Grafitschlichte ausschwärzt. Ist dies geschehen, so wird die Pfanne auf den Giesskrahn gehängt, umgekippt und über einem in der Giessgrube befindlichen Ofen vorgewärmt. Das Futter hält acht bis neun Güsse aus.

Die Herstellung der Stopfen geschieht einfach durch feste Verbindung eines gebrannten Pfropfens mit dem eisernen Kern, welcher vorher vorsichtig mit Lehm umkleidet worden war. Man hält zahlreiche (15 bis 20 Stück) Stopfen vorräthig, damit das Austrocknen möglichst langsam geschehen kann.

Alle kleinen Reparaturen an Birne und Giesspfanne können bequem in den Zwischenzeiten zwischen zwei Hitzen vorgenommen werden.

Beim Anheizen und Anlassen schon im Betrieb gewesener Birnen werden nach dem Auswechseln etwa schadhafter Formen soviel Koks eingesetzt, als zum Warmhalten nöthig sind und um bei geringer Windpressung verbrennend die Birne in Weissglühhitze zu versetzen. Gleichzeitig werden die Gichten auf den Kupolofen aufgegeben und von diesem sowie von dem Spiegeleisenofen aus die Leitrinnen nach der Birne hin vorgerichtet. Hierbei ist sehr darauf zu achten, dass der Sand, mit dem sie ausgefüttert werden, nicht zu stark trockne, da sonst an diesen Stellen das Roheisen durchsickern und aufkochen würde, wodurch sowohl Materialverluste als Zerstörungen an der Blechrinne entstehen. In der Giessgrube sind unterdess zwei Arbeiter beschäftigt, die Giesspfanne von der Schlacke der vorhergehenden Hitze möglichst zu befreien, das alte Ausgussventil zu entfernen und die Pfanne durch Ausspritzen mit Wasser soweit abzukühlen, dass ein Arbeiter sich hineinbegeben kann, um ein neues Gussventil einzusetzen und einen frischen Stopfen einzupassen. Andere Arbeiter beschäftigen sich damit, die Schalen (Coquillen) mit den darin enthaltenen noch rothglühenden Gussblöcken mittelst der Krahnen aus der Giessgrube auf die Hüttensohle zu schaffen, von wo die Blöcke nach der naheliegenden „Stahlschmiede" transportirt werden. Die leeren Schalen werden sorgfältig nachgesehen, etwaige kleine Risse mit Lehm verstrichen und hierauf die Innenflächen mit dünner Grafitschliche

geschwärzt. So vorbereitet kommen sie in der Giessgrube zur Aufstellung, welche genau durch den Kreis, den die Giesspfanne beschreibt, gegeben ist. Die Formen stehen auf lufttrockenen Kuchen oder Käsen aus feuerfester Masse, die ihrerseits wieder in gusseiserne Platten eingelegt sind.

Sind alle Gichten im Kupolofen aufgegeben, so beginnt man mit dem Einsetzen des Spiegeleisens. Inzwischen ist bereits ein grosser Theil des Roheisens im Kupolofen niedergeschmolzen. Wenn das Schmelzen fast beendet scheint, wird die Birne gekippt, damit die noch unverbrannten Koks herausfallen; durch stärkeres Blasen reinigt man gleichzeitig die Formen. Ist dieses geschehen, so wird die Birne in eine solche annähernd horizontale Lage gebracht, dass sie mit dem mittlerweile vollständig niedergeschmolzenen Roheisen des Kupolofens gefüllt werden kann. Das drehbare gebogene Rinnenende wird nun gegen die Birnenmündung gedreht und das Eisen abgestochen.

Sobald sich alles Eisen in der Birne befindet, wird dieselbe unter allmäliger Oeffnung der Windleitung aufgerichtet. Der Windzulass muss übrigens bereits völlig offen sein, ehe die Birne ihre Stellung erreicht hat. Im Anfang des Blasens hält man die Pressung auf 1·4 bis 1·6 Kg pr. qcm, später aber ermässigt man sie um 0·03 bis 0·04 Kg, erst gegen Ende des Blasens lässt man die Pressung wieder steigen, immerhin aber verhältnissmässig nur wenig. Die Stahlabfälle werden meist vor dem Roheisenabstich in die Birne gebracht; zuweilen jedoch setzt man sie erst später, dann gegen Ende der Rohfrischperiode zu. Sind die Zeichen der Entkohlung eingetreten, was man, wie anderwärts, an der Flamme, zuweilen unter Zuhülfenahme des Spectroskops und an der Zeitdauer bemerkt, so wird die Birne wieder in die wagerechte Stellung gebracht, und zur Controle eine Spiessprobe genommen. Ist diese von gewünschter Beschaffenheit, so wird das zur Rückkohlung erforderliche Spiegeleisen zugefügt und das Product ausgegossen, sobald die vollständige Verbindung des Spiegeleisens mit dem entkohlten Metall eingetreten ist, was man an dem Aufhören des Kochens und dem Verschwinden der Flamme erkennt. Zeigte dagegen die Schlacke noch einen zu hohen Kohlenstoffgehalt an, so lässt man den Wind jetzt noch einmal einige Secunden lang durchströmen, ehe man zum Ausgiessen schreitet.

Gegen Ende des Blasens wird die Pfanne mit dem hydraulischen Giesskrahn vom Wärmofen abgehoben und in die normale Stellung gebracht. Dann wird der Stopfen so eingestellt, dass er die Ausflussöffnung fest verschliesst, und in dieser Stellung festgeschraubt. Nachdem gleichzeitig die Giessgrube aufgeräumt ist, wird die Pfanne möglichst hoch unter die Birne gestellt, um eine geringe Fallhöhe des flüssigen Stahls zu erreichen.

Chemische Vorgänge beim Bessemern.

Materialroheisen.

Ein für den Bessemerprocess geeignetes Roheisen muss einen hohen Siliciumgehalt und einen äusserst geringen Schwefel- und Phosphorgehalt besitzen. Eine Folge der ersteren Bedingung ist, dass der Regel nach nur stark graues, d. h. grafitisches Roheisen benutzt werden kann. Diese bereits 1863 vom Verfasser ausgesprochene Ansicht hat sich trotz vielfacher Widersprüche[1]) bis heutigen Tages bewährt, wenn man auch gelernt hat, lichtgraue, halbirte, ja selbst weisse Roheisensorten zu verarbeiten. In allen diesen letzteren Fällen ist indessen zum Ersatze für die weniger erzeugte Wärme irgend ein künstliches Mittel anzuwenden.

Das einfachste und vielleicht auch einzig richtige Mittel, die Wärme künstlich zu erhöhen, ist die hinreichende Ueberhitzung des Roheisens im Schmelzofen. Ist der letztere ein Kupolofen, so ist der Zweck durch höheren Kokssatz leicht zu erreichen, wogegen im Flammofen ein längeres Verweilen des Eisens behufs Ueberhitzung fast ausnahmslos mit einer Oxydation von Silicium und Mangan verknüpft ist und dadurch ein grösserer Nachtheil erzeugt als Vortheil gewonnen wird. Will man sich mit Rücksicht auf den angegebenen Zweck dennoch der Flammöfen bedienen, so benutze man Generatorgase zur Feuerung und wende Regeneratoren an.

Ein zweites Mittel zur künstlichen Wärmevermehrung ist das Einblasen von Kohlenstaub mit dem Gebläsewinde, wodurch gleichzeitig Wärme erzeugt und die Oxydation verlangsamt wird. Dieser Process ist 1867 von Stokher zu Neuberg eingeführt worden[2]). In einen auf den Windleitungsröhren stehenden Cylinder werden zu diesem Zwecke 25 bis 30 Kg Kohlenstaub gefüllt, welche bei lichterem Roheisen und einem dadurch veranlassten wenig hitzigen Gange in der ersten Periode in den Windstrom geführt werden. Die Wirkung zeigt sich sogleich an dem Heller- und Intensiverwerden der Flamme. Die in der zweiten Abtheilung Seite 155 beschriebene und abgebildete Einrichtung ist hierfür sehr wohl anwendbar.

Ein drittes Mittel ist die Anwendung heissen Gebläsewindes. Der Versuch ist, wie es scheint, zuerst in Schweden gemacht[3]), später öfter wiederholt worden, aber stets ohne anhaltenden Erfolg. Neuer-

[1]) Vergl. z. B. Berg- und Hüttenm. Zeitung 1866, S. 173. — [2]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1868, S. 121. — [3]) Vergl. Resultate des Bessemerprocesses, vom Verfasser. Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, S. 252.

dings hat man in Oesterreich sich auf Tunner's Rath von neuem damit beschäftigt und in Zeltweg Apparate zu diesem Zweck errichtet. Ob die höheren Kosten, welche aus der für den heissen Wind nöthigen grösseren Stärke der Gebläsemaschine, sowie durch die Erhitzung selbst entstehen, von einem entsprechenden ökonomischen Vortheile aufgewogen werden, der nur aus der Verwendung eines billigeren Roheisens und einer kürzeren Arbeitszeit entstehen könnte, ist nicht nachgewiesen, jedenfalls aber sehr fraglich. Der erwähnte letzte Versuch ist indessen an der Unhaltbarkeit des Bodens gescheitert. Es sind nach Heyrowsky [1]) im Laufe des Sommers 1874 50 bis 60 Hitzen mit heissem Winde von 700 Grad durchgeführt worden. Das Materialroheisen war stark halbirt oder weissstrahlig, es enthielt 0·8 Proc. Silicium, 2·23 Proc. Kohlenstoff, 2·2 Proc. Mangan, nach dem Einschmelzen 0·7 Proc. Silicium, 2·3 Proc. Kohle, 1·3 Proc. Mangan. An sich gelangen zwar die Versuche vollkommen; sie bestätigten, dass mit heissem Winde ein weisses Roheisen verarbeitbar sei und dass dabei noch eine grössere Menge von Schienenenden verwerthet werden könne, nämlich 18 Proc. gegen frühere 12 Proc. des Roheisens. Dagegen brannte der Boden, welcher sonst 15 bis 16 Hitzen aushielt, schon nach 2 Hitzen durch. Auch wurden die Handarbeiten an den vom Winde erhitzten Theilen der Rohrleitung etc. übermässig erschwert.

Wenn demnach zwar die genannten drei Mittel das Ziel erreichen lassen, ist doch die Ueberhitzung im Kupolofen am einfachsten und daher wahrscheinlich auch überall am ökonomischsten.

Im Allgemeinen ist, wie dies in der 2. Abtheilung erörtert wurde, das aus manganhaltigen Erzen erzeugte graue Roheisen manganärmer als weisses, und ferner sind manganreiche Erze der Regel nach mit besserem ökonomischen Erfolge zur Erzeugung weissen Roheisens zu benutzen als zur Darstellung des grauen. Daher ist es erklärlich, dass zum Bessemern hauptsächlich manganarme Roheisensorten zur Verwendung kommen. Indessen ist es namentlich in Oesterreich noch mit gutem Erfolge gelungen, ein Roheisen von 5 bis 6 Proc. Mangan zu verarbeiten. Ein solches Roheisen zeigt zwar einen sehr heissen Gang, entwickelt aber einen starken Rauch, welcher die Beurtheilung des Stadiums, in dem sich der Process befindet, sehr erschwert.

Die folgende Zusammenstellung ergiebt die Zusammensetzung einiger für den Bessemerprocess im Grossen verwertheter Roheisensorten:

---

[1]) Oesterr. Jahrbuch, Bd. XXII, S. 436.

	1 [1].	2 [1].	3 [1].	4 [1].	5 [2].	6 [2].
Grafit } Amorpher Kohlenstoff	3·89	3·852 / 0·236	4·44	4·00 bis 4·20	3·31	3·38
Silicium	2·38	2·195	1·29	1·10 „ 1·30	0·59	1·63
Mangan	0·10	0·153	0·03	1·50 „ 2·00	5·00	5·00
Phosphor	Spur	0·070	0·09	Spur „ 0·10	1·10	0·21
Schwefel	0·01	0·012	0·01	Spuren	0·48	1·09
Kupfer	—	—	—	— —	—	—

	7 [2].	8 [2].	9.	10 [3].	11 [4].
Grafit	2·703	3·180	3·5	1·289	4·180
Amorpher Kohlenstoff	2·138	0·750	0·5 bis 0·7	3·460	
Silicium	0·641	1·960	1·5 „ 2·0	0·771	1·896
Mangan	2·926	3·460	4·0 „ 5·0	4·491	2·829
Phosphor	0·026	0·040	—	0·027	0·145
Schwefel	0·015	0·018	—	Spur	nicht bestimmt
Kupfer	—	0·085	—	—	—

	12 [5].	13 [6].	14 [7].	15.	16.	17.
Grafit	2·936	2·795	3·082	2·952	2·997	3·470
Amorpher Kohlenstoff	1·095		1·265	1·235	1·134	0·310
Silicium	2·200	4·414	1·389	2·286	2·706	2·970
Mangan	3·450	1·837	—	—	—	—
Phosphor	0·070 bis 0·120	0·099	0·027	0·055	0·028	0·051
Schwefel	Spur	0·039	0·068	0·075	0·068	0·160
Kupfer	—	—	—	—	—	—

Ausserdem in Nr. 1: Spur Calcium, Nr. 2: 0·062 Proc. Calcium und Spur Magnesium. Nr. 8: Spur Calcium. Nr. 8: Calcium 0·127, Magnesium 0·052, Antimon 0·118, Arsen 0·027 Proc. In Nr. 14 bis 17 scheint auf Mangan nicht geprüft zu sein.

No. 1 bis 6 sind englische Roheisensorten, sogenanntes Hämatitroheisen aus Cumberland und Nord-Lancashire. Die Roheisensorten 1 bis 3 sind die für den Bessemerprocess günstigsten, welche demgemäss auch von ihren Erzeugungsorten über ganz Europa und Nordamerika zum Zwecke des Bessemerns versendet werden und noch in keinem anderen Districte ganz durch andere eigene Sorten ersetzt sind. Hierhin gehören auch die Abth. II, S. 768 mitgetheilten Roheisensorten I. bis IV.

No. 1 und 2 sind von Workington, No. 3 ist von Cleator. Die Erze sind Rotheisensteine mit Zusatz sogenannter schwarzer (manganhaltiger) Erze. Die Beschickung enthält durchschnittlich 81·44 Proc. Eisenoxyd, 12·50 Proc. erdige Bestandtheile und 6 Proc. Wasser.

---

[1]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1866, S. 322. — [2]) Wagner's Jahresber. 1872, S. 98, und 1867, S. 81. — [3]) Fagersta Bruks Utställning, Wien 1873. — [4]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1868, S. 215. — [5]) Ueber die Fabrikation der Bessemer-Stahlkopfschienen zu Königin-Marien-Hütte bei Zwickau von Petzholdt und Heusinger v. Waldegg. — [6]) Muspratt-Stohmann-Kerl II, S. 239. — [7]) Berg- u. hüttenm. Zeitung 1874, S. 467.

No. 4 giebt die Zusammensetzung der zweiten, schlechteren Roheisensorten, welche aus einer Gattung von $^2/_3$ Rotheisenstein von Cumberland und $^1/_3$ geröstetem Kohleneisenstein bei sehr heissem Winde erzeugt und für mittlere Stahlsorten mit 1 bis 3 gemengt verwendet werden.

No. 5 und 6 sind sehr manganhaltige Sorten, erstere mit sehr hohem, letztere mit ziemlich hohem Phosphorgehalt, welche wohl als schlechteste Qualitäten zu bezeichnen sind, wie sie nur wenig von Fabrikanten genommen werden dürften.

No. 7 ist ein schwedisches Bessemerroheisen von Fagersta. Hier, wie in 5 und 6 ist der geringe Siliciumgehalt auffällig. Im Allgemeinen zeigt sich, dass der Siliciumgehalt niedriger sein dürfe, wenn das Roheisen direct aus dem Hochofen verwendet wird.

No. 8 ist Roheisen von Neuberg, erblasen aus Spatheisenstein.

No. 9 sind mittlere Durchschnitte des Bessemerroheisens von Heft.

No. 10 ist ein Roheisen von Fagersta, welches direct aus dem Hochofen verwendet und ohne nachherigen Zusatz von Roheisen in Stahl verwandelt wird. Die Beschickung, aus der es erblasen worden ist, enthält:

Kieselsäure	11·93	Proc.
Thonerde	2·50	„
Kalk	7·51	„
Magnesia	2·76	„
Manganoxydul	5·63	„
Eisenoxydul	19·76	„
Eisenoxyd	43·89	„
Kohlensäure	6·02	„
Phosphorsäure	0·013	„

und besteht aus Magneteisenstein mit Kalksteinzuschlag. Die mit dem Roheisen fallende Hochofenschlacke enthält:

Kieselsäure	41·96	Proc.
Thonerde	7·02	„
Kalk	25·04	„
Magnesia	17·75	„
Manganoxydul	6·57	„
Eisenoxydul	0·23	„
Alkalien	nicht bestimmt	
	98·57	Proc.

No. 11 ist ein zu Königshütte in Oberschlesien aus manganhaltigen Brauneisenerzen erblasenes Roheisen.

No. 12 wird zu Königin-Marien-Hütte bei Zwickau erzeugt aus Spath- und Rotheisensteinen. Die Stärke der Gichten beträgt auf 1200 Kg Koks 1500 Kg Erz und 650 Kg Kalkstein. Die Beschickung enthält 35 bis 40 Proc. Eisen.

Nr. 13 nach Kiley aus Spatheisenstein zu Fow Low in Durham erblasen, ist wegen seines hohen Siliciumgehaltes bemerkenswerth.

Nr. 14 bis 17 nordamerikanisches Bessemerroheisen mit verschiedenem Siliciumgehalte nach Durfee.

Im Allgemeinen kann man aus den bisherigen Erfahrungen folgende Schlüsse ziehen: Ein zum Bessemern geeignetes Roheisen soll nicht unter 3·3 Proc. Kohlenstoff haben, für bessere Stahlqualitäten ist das Minimum 4 Proc. Ein Grafitgehalt ist immer günstig. Bei directer Verwendung aus dem Hochofen mag derselbe bis auf 1·3 Proc. sinken, für Umschmelzeisen ist indessen mindestens 2·7 bis 3 Proc. zu fordern. Sinkt im letzteren Falle der Grafitgehalt unter 1 Proc., so sind künstliche Hülfsmittel zur Steigerung der Temperatur anzuwenden.

Der Siliciumgehalt kann kaum zu hoch steigen. 0·6 Proc. dürfte das Minimum für ein noch brauchbares Roheisen sein. Gewöhnlich verlangt man 1·6 bis 2 Proc. als untere Grenze, und schon unter 1·25 Proc. ist der Erfolg meist unsicher. Sinkt der Gehalt unter 0·6 Proc., so sind stets künstliche Hülfsmittel zur Steigerung der Temperatur anzuwenden [1]).

Der Phosphorgehalt darf für beste Stahlsorten 0·03, für gute 0·1 Proc., für mittlere 0·2 Proc. nicht übersteigen. Nur wenn durch Zusatz kohlenstofffreien Mangans ein Flussstahl von niedrigem Kohlenstoffgehalte erzeugt werden soll, darf man Roheisen bis zu 0·4 Proc. Phosphorgehalt anwenden.

Der Schwefelgehalt soll für besten Stahl nicht wesentlich über 0·01 Proc. steigen, für mittleren nicht über 0·1 Proc. Wenn ein Roheisen wie No. 5 mit 0·48 Proc. noch einen brauchbaren Stahl giebt, gehört das zu den Ausnahmen.

Der Mangangehalt kann bei direct verwendetem Roheisen ohne Nachtheil auf 5 Proc., bei Umschmelzeisen auf 3·5 Proc. steigen, ein höherer Gehalt bis zu 6 Proc. verlangt grosse Aufmerksamkeit und macht vielerlei Schwierigkeiten für den regelmässigen Betrieb. Ueber 6 Proc. hinaus ist die Verwendung des Roheisens zum Bessemern entschieden nachtheilig.

Von nicht unbedeutendem Einfluss ist naturgemäss die Art des Umschmelzens. Wenn auch im Allgemeinen die Absicht vorliegt und vorliegen muss, ein möglichst unverändertes Material zu gewinnen, so kann man doch auch umgekehrt durch das Schmelzen im Flammofen leicht den Mangan- und Siliciumgehalt sehr wesentlich herunterziehen, und umgekehrt beim Schmelzen im Kupolofen bei Anwendung unreiner Koks den Schwefelgehalt wesentlich, den Siliciumgehalt etwas erhöhen. Beide Arten der Schmelzungen können daher Nachtheile mit sich führen. Schmilzt man aber im Kupolofen mit reinen Koks, so wird entschieden der geringste Nachtheil hervorgerufen.

---

[1]) Roheisen mit mehr als 1·6 Proc. Silicium nennt man heisses, Roheisen mit weniger kaltes. Letzteres wird nur zu harten Stahlsorten verarbeitet.

Dürre[1]) führt aus Seraing folgende Resultate an: Ein englisches Hämatitroheisen enthielt vor dem Schmelzen 2·38 Proc. Silicium und 0·054 Proc. Schwefel, nach dem Schmelzen im Kupolofen 2·42 Proc. Silicium und 0·08 Proc. Schwefel, eine andere Mischung englischer Roheisenwerke vor dem Schmelzen 2·51 Proc. Silicium und 0·075 Proc. Schwefel, nach dem Schmelzen im Flammofen 2·21 Proc. Silicium und 0·07 Proc. Schwefel.

Uebrigens lässt sich auch im Kupolofen selten eine Verschlackung von Mangan ganz umgehen, obwohl dieselbe nur bei hohen Mangangehalten von Bedeutung wird. So führt Dürre[2]) von einem rheinischen Spiegeleisen an, dass dasselbe vor dem Umschmelzen 8·80 Proc. Mangan bei 0·02 Proc. Schwefel, nach dem Umschmelzen im Kupolofen nur noch 6·60 Proc. Mangan bei ebenfalls 0·02 Proc. Schwefel enthalten habe.

Nach dem äusseren Ansehen ist für das Bessemern am günstigsten ein grobkörniges graues Roheisen mit starkem Metallglanz und deutlich sichtbaren Grafitblättchen, namentlich wenn es umgeschmolzen wird und zu weichem (kohlenstoffarmem) Eisen verarbeitet werden soll. Feinkörniges graues oder schwach halbirtes Roheisen ist, wie angeführt, zwar auch zu verwerthen, aber ohne Schwierigkeit nur, wenn es direct vom Hochofen, also unumgeschmolzen verwendet werden kann.

Schwarzes (übergares) Eisen verlegt stark die Formöffnungen, die Flamme wird kurz, bleibt auch in der zweiten Periode ruhig und zeigt wenig Funken.

Weisses oder stark halbirtes Roheisen taugt nur zu harten Stahlsorten, die wenig Verwendung finden, und lässt sich nur sehr heiss, am besten direct aus dem Hochofen abgestochen brauchen[3]).

Chemische Vorgänge im Einzelnen.

Während sich auffallender Weise der Bessemerprocess in abgekürzter Ausführung (Feinperiode oder Fein- und Rohfrischperiode allein) als Vorbereitung für andere Processe bisher keinen Eingang verschaffen konnte, hat man namentlich in neuester Zeit begonnen, ihn als Schlussprocess für andere Methoden zu benutzen, so z. B. zur Verarbeitung eines im Flussstahlofen gewonnenen siliciumreichen Productes, und ihn schon früher zur Entkohlung eines Kupolofenstahles oder eines durch Rückkohlung erhaltenen Gusseisens angewendet. Auf diese Art der Anwendung kann indessen erst nach Beschreibung der zugehörigen Processe eingegangen werden.

Hinsichtlich der chemischen Vorgänge im Allgemeinen verläuft der Bessemerprocess ganz wie jeder andere Frischprocess, mit dem einzigen Unterschiede, dass die Massenwirkung noch stärker zum Vorschein

---

[1]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1870, S. 263. — [2]) Loc. cit. — [3]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1872, S. 285.

kommt und daher das entkohlte Eisen noch Mangan und das noch nicht ganz entkohlte Eisen schon Sauerstoff enthalten kann.

Im Einzelnen finden sich aber einige Unterschiede, welche besondere Beachtung verdienen.

Eisen.

Genaue Untersuchungen über die Veränderung des Eisens durch fortlaufende Proben, welche beim Bessemern genommen wurden, sind von Kupelwieser, Snelus und Kessler ausgeführt worden. Sie sind im Folgenden zusammengestellt [1]).

Die von Kupelwieser im Jahre 1866 auf dem Neuberger Werke in Steyermark angestellte Probenreihe ergab:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Grafit	3·180	—	—	—	—
Kohlenstoff . .	0·750	2·645	0·949	0·087	0·234
Silicium	1·960	0·443	0·112	0·028	0·033
Phosphor . . .	0·040	0·040	0·045	0·045	0·044
Schwefel . . .	0·018	Spur	Spur	Spur	Spur
Mangan	3·460	1·645	0·429	0·113	0·139
Kupfer	0·085	0·091	0.095	0·120	0·105

Es bezeichnet I. das Materialroheisen, welches tief grau und stark grafitisch war, und einen hinreichend hohen Gehalt an Silicium für die directe Verwendung vom Hochofen besass. Der geringe Gehalt an Phosphor und Schwefel karakterisirt, ebenso wie der hohe Mangangehalt das Roheisen als ein Material von sehr guter und für den Bessemerprocess ganz vorzüglich geeigneter Beschaffenheit. Das Kupfer ist in der vorhandenen Menge noch ohne wesentlich nachtheiligen Einfluss. II. ist eine Probe am Ende der ersten Periode, welche 28 Minuten dauerte, III. eine Probe nach Ende der zweiten Periode von 7 Minuten Dauer, IV. eine Probe nach weiteren 3 Minuten, V. das fertige Metall, erhalten nach Zusatz von 150 Kg Roheisen zu 3100 Kg ursprünglichem Einsatze.

Die im Jahre 1871 von Snelus angestellten Versuche beziehen sich auf die Verarbeitung von Roheisen der Dowlaishütte in Südwales. Sie gaben folgende Resultate:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Grafit	2·09	—	—	—	—
Kohlenstoff . .	1·20	2·127	1·55	0·097	0·566
Silicium	1·052	0·795	0·635	0·020	0·036
Phosphor . . .	0·048	0·051	0·064	0·067	0·055
Schwefel . . .	0·014	Spur	Spur	Spur	Spur
Mangan	0·086	Spur	Spur	Spur	Spur

[1]) Wagner's Jahresbericht der chemischen Technologie 1873, S. 110.

Hier dauerte die ganze Hitze nur 13 Minuten. Während I. das Roheisen, V. das fertige Metall bezeichnet, sind die Proben II., III. und IV. beziehentlich 6, 9 und 13 Minuten nach Beginn des Blasens genommen.

Kessler hat Analysenreihen ausgeführt, welche zwei Hitzen auf einem nicht genannten norddeutschen Hüttenwerke betrafen. Die erste Reihe ergab als Resultat:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Grafit	2·41	0·75	0·02	0·02	0·01	0·02
Kohlenstoff . .	0·62	2·42	3·17	1·59	0·18	0·19
Silicium	2·41	1·26	0·27	0·03	0·01	0·16
Phosphor . . .	0·130	0·140	0·135	0·130	0·140	0·150
Schwefel . . .	0·024	0·010	0·007	0·013	0·023	0·021
Mangan	2·45	0·70	0·19	0·12	0·06	0·22

Auch hier ist I. und VI. das Material und das Product, aber über die Zeit, in welcher die Proben II. bis V., also die Zwischenproducte genommen wurden, ist nichts Näheres angegeben.

Die zweite Untersuchung ergab:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Grafit	2·52	0·14	0·04	0·01	0·00	0·00
Kohlenstoff . .	1·06	3·65	3·53	2·47	0·29	0·45
Silicium	1·875	1·200	0·648	0·067	0·021	0·083
Phosphor . . .	0·100	0·106	0·096	0·097	0·109	0·104
Schwefel . . .	0·372	0·069	0·061	0·077	0·113	0·080
Mangan	1·04	0·23	0·08	0·06	0·05	0·34

Hier bezeichnet I. umgeschmolzenes Eisen vom Kupolofen, II. Probe nach 4 Minuten, III. Probe beim Beginn der zweiten Periode, IV. Probe aus der Mitte der zweiten Periode, V. Probe vor dem Einlassen des Spiegeleisens, VI. das fertige Metall.

Im Allgemeinen zeigen die sämmtlichen Versuchsreihen grosse Uebereinstimmung und liefern somit den Beweis, dass der Bessemerprocess keinen wesentlich von den übrigen Frischprocessen abweichenden Verlauf nimmt.

Ein hervortretender Unterschied zwischen den früher und den von Kessler untersuchten Proben besteht darin, dass bei letzteren die Gesammtmenge des Kohlenstoffes zunimmt und erst, nachdem das Silicium beinahe verschwunden ist, auch der Kohlenstoff oxydirt zu werden beginnt.

Die Erscheinung ist durchaus nicht auffallend, da beim Gleichbleiben der absoluten Menge des Kohlenstoffs in Folge der energischen Oxydation anderer Stoffe (Silicium, Eisen, Mangan) seine relative Menge zunehmen muss. Die Abweichung der früheren Analysen ist dadurch zu erklären, dass bei jenen die Proben II. einem weiteren Fortschritte des Processes, d. h. dem bereits eingetretenen Beginn der Rohfrischperiode entsprechen. Kupelwieser nimmt auch einen Verlust an Kohlenstoff durch Ausblasen eines Theils Grafit in unveränderter Form mit dem Gassstrome an.

Wenn man aber bedenkt, dass der Grafit in dem flüssigen Roheisen in vollkommen gelöster Form vorhanden ist und keine Veranlassung zu einer abermaligen Ausscheidung vorliegt, scheint diese Erklärung wenig wahrscheinlich, oder wenigstens nur auf sehr geringe Mengen anwendbar, welche sich mit dem Eisen als Schwarten nach dem Einguss an der Birne ansetzen mögen.

Ueber den Phosphorgehalt lässt sich aus allen Versuchsreihen übereinstimmend folgern, dass derselbe absolut ziemlich unverändert bleibt. Wenn die Versuchsreihen von Snelus und Kupelwieser ein Steigen des Gehaltes im mittleren Verlaufe des Processes, diejenigen von Kessler dagegen ein Fallen zu derselben Zeit angeben, so ist auf diesen Unterschied wenig Gewicht zu legen. Die geringen überhaupt vorhandenen Mengen und die geringen Schwankungen im Einzelnen lassen mehr auf eine etwas ungleiche Vertheilung wie auf eine wirkliche Veränderung schliessen. Kessler allerdings legt einen Werth auf diese Differenzen und erklärt die angebliche Verminderung während des Processes dadurch, dass im Anfange durch vorherrschende Oxydation anderer Bestandtheile eine relative, zum Schlusse durch eine aus der Schlacke eintretende Reduction, eine absolute Zunahme eintrete. Dass der Phosphorgehalt des Endproductes procental wieder über dem des Roheisens steht, ist bei gleichbleibender absoluter Menge nicht nur nicht auffallend, sondern vielmehr selbstverständlich.

Als früher noch nicht nachgewiesen tritt aus den Analysen Kessler's ein eigenthümliches Verhalten des Schwefels hervor. Dieser zeigt im Anfang eine schnelle Abnahme, während seine Menge von den mittleren Stadien des Processes bis zum Einsatze des Spiegeleisens wieder zunimmt. Offenbar, meint Kessler, beruht dies nur darauf, dass ein Theil des Schwefels in der Schlacke als Schwefelmetall gelöst bleibt und in den späteren Stadien aus der Schlacke in und durch das Eisen reducirt wird. Der Analytiker glaubt annehmen zu dürfen, dass diese Veränderung des Schwefelgehaltes im innigen Zusammenhange mit der Oxydation des Mangans stehe. In der That sinkt der Schwefelgehalt nur so lange, als dieses Metall dem Eisen entzogen wird; ist aber das Eisen vom wesentlichsten Mangangehalte befreit, so beginnt auch die Erhöhung des Schwefelgehalts wieder. Endlich tritt nach dem Zusatze des manganhaltigen Spiegeleisens und erneuertem Blasen wieder eine Abnahme an Schwefel hervor.

Die Analysen von Snelus und Kupelwieser bestätigen diese Zunahme nicht; sie zeigen eine schnelle Abnahme bis auf quantitativ nicht bestimmbare Spuren. Indessen verdient Kessler's Angabe alle Beachtung und regt dazu an, durch weitere genaue Proben sie zu bestätigen oder als irrig nachzuweisen. Im ersten Falle würden sich möglicherweise Mittel und Wege zur Beseitigung eines grossen Theils Schwefel durch Manganzuschläge finden lassen. Uebrigens ist auch Kupelwieser der Ansicht, dass das schnelle Abnehmen des Schwefel-

gehaltes bei den von ihm untersuchten Proben eine Folge des hohen Mangangehaltes in dem benutzten Roheisen sei.

Sauerstoffgehalt. In jedem nicht durch Zusatz von Spiegeleisen, Ferromangan und dergleichen mehr veränderten Bessemereisen findet sich Sauerstoff vor, welcher in der Form des Eisenoxydoxyduls gedacht werden muss.

Bender [1]) hat versucht, den im entkohlten Bessemereisen enthaltenen Sauerstoff zu bestimmen und fand bei zwei Versuchen 0·335 und 0·37, im Mittel 0·35 Proc. Er berechnet, dass zur Sättigung desselben der Mangangehalt aus der gewöhnlich zur Entfernung desselben zugesetzten Spiegeleisenmenge nicht zureiche, sondern der Kohlenstoff desselben auch zum Theil verbraucht werden müsse [2]).

Wenn indessen Bender daraus folgert, dass ein einfaches weisses, wenig oder gar nicht manganhaltiges Roheisen denselben Zweck werde erreichen lassen, so widerspricht dem die Praxis. Es ist, wie später bei der Flussstahlbereitung gezeigt werden wird, Mangan nicht durch Kohlenstoff allein zu ersetzen.

Schlacken.

Da alle diejenigen Stoffe, welche sich im Roheisen befunden haben, im weiteren Verlaufe sich aber nicht im Eisen nachweisen lassen, entweder verflüchtigt oder in die Schlacke gegangen sein müssen, so bietet die Zusammensetzung der letzteren ein wichtiges Mittel, den chemischen Verlauf des Processes zu verfolgen. Getrübt wird indessen das dadurch erhaltene Bild wesentlich in Folge des Ueberganges unbestimmbarer Mengen von Theilen des Futters in die Schlacke. Dieser Uebelstand würde wieder aufgehoben werden können, wenn das Quantum der Schlacke zu jeder Zeit der Probeentnahme festgestellt würde, aber dies ist praktisch geradezu unausführbar und man muss sich daher durch Schlüsse helfen.

Kupelwieser [3]) hat ausser den Seite 380 mitgetheilten Eisenproben

---

[1]) Wagner, Jahresbericht 1872, S. 98. — [2]) Von 3500 Kg Roheisen waren erhalten 3150 Kg entkohltes Eisen mit 11·02 Kg Sauerstoff. Zugesetzt wurden 325 Kg Spiegeleisen mit 16·25 Kg (5 Proc.) Kohlenstoff und 26 Kg (8 Proc.) Mangan. Letzteres sättigte nur 7·57 Kg Sauerstoff; es sind daher noch 3·45 Kg übrig, welche 2·58 Kg Kohlenstoff in Anspruch nehmen, so dass 13·67 Kg Kohlenstoff erhalten bleiben. — Das Eisen enthielt vor dem Zusatz noch 0·08 Proc. C oder 2·52 Kg. Das Kohlungsproduct enthält daher 16·2 Kg in 3450 Kg Metall, d. h. 0·47 Proc. Da der Stahl der Analyse nach aber 0·40 Proc. C enthielt, so ist noch mehr oxydirt worden, als berechnet, oder — was auch eine Analyse bestätigte — es ist Mangan unoxydirt in das Metall übergegangen. — [3]) Kupelwieser, Oesterreichische Zeitschrift 1867, No. 23. Dingl. Journ. CLXXXV, S. 30. Polyt. Centralblatt 1867, S. 1077. Wagner, Jahresbericht 1867, S. 67.

auch die zugehörigen Schlacken analysirt. Hinsichtlich des Verlaufs der Hitze, bei welcher die Proben entnommen wurden, ist noch Folgendes zu erwähnen. Der Einsatz an dunkelgrauem Roheisen betrug 3517 Kg. Die zugehörige Hochofenschlacke ist in der folgenden Tabelle mit I. bezeichnet. Die Birne hatte 49 Formenöffnungen von je 8·78 mm Durchmesser, der Wind eine durchschnittliche Pressung von 1·614 Kg pr. qcm. Die erste Periode dauerte 28 Minuten. Nach Vollendung derselben wurde die Probe No. II. genommen. Die dabei in der Retorte enthaltene Menge von Schlacken war auffallend gering. Zur Durchführung der zweiten Periode waren nur 7 Minuten bei einer durchschnittlichen Windpressung von 1·45 bis 1·53 Kg pr. qcm erforderlich, wobei dieselbe ohne Auswurf verlief. Am Ende derselben wurde Probe No. III. genommen. Die dritte Periode dauerte nur 3 Minuten bei einer Pressung von ungefähr 1·53 Kg pr. qcm. Nach Beendigung derselben hatte die Schlackenprobe die Zusammensetzung von No. IV. Nun wurde 1·68 Kg Roheisen in die umgekippte Birne nachgetragen und, nachdem die Gasentwickelung aufgehört hatte, das fertige Metall ausgegossen. Die Endproducte bestanden aus 30·58 Kg Eisen und einer nicht gewogenen Menge Schlacke, deren Zusammensetzung unter No. V. angegeben ist. Die Hitze gehörte zu den kühleren; der Abgang zeigte sich grösser als gewöhnlich, nahe 17 Proc., vielleicht theilweise veranlasst durch die Probenahme.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselsäure	40·95	46·78	51·75	46·75	47·25
Thonerde	8·70	4·65	2·98	2·80	3·45
Eisenoxydul	0·60	6·78	5·50	16·86	15·43
Manganoxydul	2·18	37·00	37·90	32·23	31·89
Kalkerde	30·36	2·98	1·76	1·19	1·23
Magnesia	16·32	1·53	0·45	0·52	0·61
Kali	0·18	deutliche Spuren			
Natron	0·14	—	—	—	—
Schwefel	0·34	0·04	—	—	—
Phosphor	0·01	0·03	0·02	0·01	0·01
Summa	99·78	99·79	100·36	100·36	99·87

Die Schlacken erscheinen alle ziemlich hoch silicirt und stellen theils Bisilicate, theils sogar Gemenge von Bi- und Trisilicaten oder vielleicht Bisilicate mit eingemengter Kieselsäure dar [1]). Es lässt sich dies

[1]) Es möge hier an die Definition der Silicate (vergl. S. 9) erinnert werden, welche nach den Lehren der neueren Chemie so lauten würde:

Bei den Singulosilicaten sind die Werthigkeiten der Basis-Radicale zusammen so gross wie die Werthigkeiten des Siliciums;

bei den Bisilicaten sind die Werthigkeiten der Basis-Radicale zusammen doppelt so gross wie die Werthigkeiten des Siliciums;

bei den Trisilicaten sind die Werthigkeiten der Basis-Radicale zusammen dreimal so gross wie die Werthigkeiten des Siliciums.

nur aus der Aufnahme von Kieselsäure aus dem Futter erklären und rechtfertigt die Annahme, dass ein basisches Eisenschlackenfutter viel günstiger wirken würde. Dass die Schlacken II. und III. so reich an Mangan sind, ist naturgemäss, da sich Mangan bei jedem Frischprocesse rascher oxydirt als Eisen; dass dieselbe aber sowohl vor Beginn, als nach Beendigung der zweiten, sogenannten Kochperiode so arm an Eisenoxydul ist, erscheint sehr auffällig. Kupelwieser sagt mit Recht davon, dass dieselbe eher geneigt erscheinen müsse, noch Eisenoxydul aufzunehmen, als schon entkohlend auf das Eisen zu wirken. Indessen ist bei der bekannten ungleichförmigen Einwirkung des Schlackensauerstoffs auf den Kohlenstoff des Eisens eine einzelne Probe kaum entscheidend, und zwar um so weniger, als die Untersuchung über die Oxydationsstufe des Eisens unterlassen wurde. Da bei zunehmender Schlackenmenge im Verlaufe des Processes die Menge des noch abzuscheidenden Mangans geringer wird, die Schlackenmenge aber zunimmt, so fällt der Procentsatz des Mangangehaltes in der Schlacke IV. wieder, während der Eisenoxydulgehalt auf eine normale Höhe steigt. Thonerde, Kalkerde und Magnesia sowie ein wahrscheinlich nicht unbedeutender Theil der Kieselerde entstammen den Wandungen der Bessemerbirne.

Kupelwieser hat unter Vernachlässigung kleiner Differenzen aus den Analysen und den gegebenen Gewichten des eingesetzten Roheisens und des erhaltenen Productes die Gewichtsmengen der während des Processes abgeschiedenen Stoffe, sowie die zur Oxydation erforderliche Sauerstoffmenge, und daraus das verbrauchte Luftquantum sowie die resultirende Gasmenge zu bestimmen versucht. Dieser Berechnung sind folgende Annahmen zu Grunde gelegt: Kohlenstoff wird zu Kohlenoxydgas verbrannt, Silicium verbrennt zu Kieselsäure, Phosphor zu Phosphorsäure, Schwefel zu Schwefelsäure oder schwefliger Säure, Mangan zu Manganoxydul, in welcher Form es sich in der Schlacke findet, Eisen meist zu Eisenoxyduloxyd, von welchem sich ein verhältnissmässig geringer Theil als Eisenoxydul in der Schlacke findet, während der grösste Theil in Form eines rothbraunen Rauches ausgeblasen wird. Hiernach ist die Tabelle auf Seite 386 zusammengestellt.

Die zur Oxydation erforderliche Sauerstoffmenge von 410·24 Kg oder 286·48 cbm giebt mit 1082·74 cbm Stickstoff 1369·23 cbm Luft, welche Menge einem durchschnittlichen Windverbrauche von 36·02 cbm pr. Minute des Satzes oder 41·71 cbm pr. 100 Kg des in die Arbeit genommenen Roheisenquantums entspricht, etwas mehr als gewöhnlich angenommen wird, aber erklärlich aus dem oben erwähnten grösseren Abgang.

	Die eingesetzte Roheisenmenge besteht aus Kg	Das erhaltene Bessemermetall besteht aus Kg	Somit wurden abgeschieden Kg	Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff Kg	Daraus wurden erhalten
Kohlenstoff . .	144·82	7·16	137·65	183·53	321·18 Kg Kohlenoxyd
Silicium . . .	72·22	1·01	71·22	77·88	149·10 „ Kieselsäure
Phosphor . .	1·47	1·34	0·13	0·16	0·29 „ Phosphorsäure
Schwefel . . .	0·61	—	0·63	0·95	1·58 „ Schwefelsäure
Mangan . . .	127·50	4·25	123·24	35·60	158·84 „ Manganoxydul
Kupfer . . .	3·14	3·13	—	—	— „
Eisen	3335·04	3040·71	294·33	112·12	406·45 „ Eisenoxydoxydul
Summe . . .	3684·80	3057·60	627·20	410·24	

Aus den angestellten Untersuchungen ergiebt sich nicht die relative oder absolute Schlackenmenge. Gruner[1]) hat indessen mit Glück den Mangangehalt der Schlacke als Anhalt zu einer solchen Berechnung genommen. Er findet hiernach aus Kupelwieser's Analysen die Schlackenmenge wie folgt:

Da das Mangan in der Schlacke nur aus dem Roheisen abgeschieden wird, so kann man das Gewicht der Schlacke aus dem Gehalt an Manganoxydul bestimmen. Wenn man die Analysen von No. I. und No. IV. vergleicht, so ergiebt sich, dass beinahe alles Mangan bis auf $^1/_{30}$ oxydirt wurde, so dass auf 100 Gewichtstheile Roheisen 3·35 Theile Mangan in die Schlacke übergeführt wurden. Da nun die Schlacke No. IV. 32·23 Proc. Manganoxydul enthält, so ist sicher, dass auf 100 Kg Roheisen $100 \times \frac{3\cdot35}{18\cdot02} = 18\cdot5$ Kg Schlacken der Zusammensetzung IV. entfallen müssen; andererseits enthält diese Schlacke 16·86 Proc. Eisenoxydul oder 13·02 metallisches Eisen, woraus man ersieht, dass in den 18·5 Kg Schlacken nur 2·41 Kg Eisen enthalten sind, und somit das auf 100 Gewichtstheile Eisen wirklich verbrannte Eisen nur 2·41 Proc.

[1]) Annales des Mines 1868.

beträgt, der Rest des Abganges daher auf Kohlenstoff, Silicium und Mangan entfällt, dessen Gesammtgewicht 9 Proc. übersteigt, so wie auf kleine, durch den Wind aus der Retorte hinausgeschleuderte Roheisenkügelchen.

Wenn angenommen wird, dass die Oxydation des Siliciums, Mangans und des Kohlenstoffes gegen Ende der Operation vollendet ist, was auch nahezu mit der Wirklichkeit nach den Resultaten der Annalyse IV. übereinstimmt, so sind für 100 Kg Roheisen erforderlich:

Für 3·93 Kg	Kohlenstoff	10·40	Kg Sauerstoff
„ 1·96 „	Silicium	2·12	„ „
„ 3·46 „	Mangan	1·00	„ „
„ 2·41 „	Eisen	0·71	„ „
	Zusammen	14·23	Kg Sauerstoff

was 61·96 Kg trockner Luft entspricht.

Für einen Satz von 3000 Kg wären somit erforderlich 1858·8 Kg Luft, und bei einer Dauer bis zur Rückkohlung von 20 Minuten ergiebt sich im Durchschnitt pr. Minute eine Menge von 92·9 Kg oder ungefähr 71 cbm Luft. Auf der Hütte in Graz, wo die Retorte unter ähnlichen Verhältnissen wie in Neuberg für Einsätze von 3 Tonnen bestimmt ist, hat Castel die Windmenge zu 75 cbm bestimmt, indem er von dem von den Gebläsekolben verdrängten Volumen ausging und auf die Windverluste keine Rücksicht nahm [1]).

Da man aber bei den besten Gebläsen wenigstens einen Windverlust von 10 Proc. annehmen muss, so ist ersichtlich, dass der Bessemerapparat im Durchschnitte keinen Ueberschuss von Wind erhält, und dass der Grund, warum kein Eisen verbrennt, nur der ist, dass es an Sauerstoff mangelt, und nicht der, dass Luft ohne Wirkung entweicht.

Bei dieser Rechnung ist angenommen, dass der Kohlenstoff in Kohlensäure umgewandelt wird, während mindestens ein grosser Theil desselben, wie weiter unten gezeigt wird, in Form von Kohlenoxydgas entweicht.

Aus den vorhergehenden Analysen ist zu schliessen, dass beinahe die Hälfte der in den Schlacken enthaltenen Kieselsäure aus dem Roheisen entnommen ist, und dass deshalb das Futter der Retorte weniger angegriffen wurde, als dies der Regel nach der Fall zu sein scheint.

---

[1]) Annales des mines, 6. Serie, Band VII, S. 153.

Eisenverluste.

Der wichtigste und unvermeidliche Verlust des Bessemerprocesses ist der eines jeden Frischprocesses. Das Gewicht des eingesetzten Roheisens vermindert sich zuvörderst um die Menge des entzogenen Kohlenstoffs, Siliciums und Mangans. Hiernach wird jedes Roheisen je nach der chemischen Zusammensetzung einen bestimmten Abgang erleiden müssen, den man durch die Analyse voraus bestimmen kann. Es vermindert sich das Gewicht des eingesetzten Roheisens um die Menge des als Oxydul in die Schlacke gehenden Eisens. Eine wirkliche Garschlacke, d. h. eine eisenoxydoxydulreiche Schlacke, kommt in Folge der steten Berührung mit einem kieselsäurereichen Futter nicht vor. Dementsprechend ist auch eine erneuete Verwendung der Schlacke für den Process selbst nicht ausführbar. Das Eisen der Bessemerschlacken kann vielmehr nur durch Verschmelzung im Hochofen [1]) wieder gewonnen werden.

Die Umschmelzarbeit in Flammöfen ist der Regel nach mit einer wenn auch geringfügigen Verschlackung von Eisen, mehr noch aber mit einem mechanischen Verluste durch Schalenbildung verbunden. Dies gilt ebenso vom Umschmelzen im Kupolofen, bei welchem mit der Verschlackung der Aschenbestandtheile der Koks- oder Holzkohlen meist ein noch grösserer Eisenverlust verbunden ist, wogegen freilich die Schalenbildung in Folge des kleineren Sammelraumes geringer ausfällt.

Im Kupolofen ist man namentlich bei mechanisch durch anhängenden Sand verunreinigtem Roheisen oft genöthigt, um eine flüssige Schlacke herzustellen, einen Kalkzuschlag zu geben. Der Abbrand erhöht sich dann der Regel nach auf 9 Proc., während man für den Flammofen nur 6 Proc. annimmt.

Weitere Verluste entstehen durch Schalenbildung beim Eingiessen des Roheisens in die Birne, beim Ausgiessen des Products und beim Füllen der Formen.

Endlich werden mechanische Verluste durch Auswurf, chemische durch Rauchbildung hervorgerufen. Die Grösse der ersteren ist von dem mehr oder minder stürmischen Verlauf abhängig und kann durch richtige Windführung auf ein sehr geringes Maass hinabgezogen werden. Die Rauchbildung verflüchtigt nur eine sehr unbedeutende Eisenmenge, welche selbst in dem Falle des stärksten Hervortretens bei stark manganhaltigem Eisen kaum bestimmbar sein dürfte.

Die aus dem Auswurf ausgesiebten oder unter einem Nasspochwerke [2]) gewonnenen Eisenkörner, sowie die Schalen, setzt man am besten beim Umschmelzen des Roheisens in den Kupol- oder Flammofen mit ein.

---

[1]) Die vorgeschlagene Verschmelzung in Kupolöfen ist ausführbar, aber unökonomisch. — [2]) Vergl. Abth. II, S. 519.

kann sie aber besser noch beim Flussstahlschmelzen oder beim Puddeln verwerthen.

Die Bildung von Schalen im Bessemergefässe selbst wirkt um so nachtheiliger auf den Abgang, je mehr Abkühlung der Birne zwischen zwei Hitzen stattfindet. Mit den Fortschritten in der Beschleunigung der Aufeinanderfolge je zweier Hitzen hat man daher auch wesentlich den Verlust aus diesem Grunde vermindert. Früher machte man der Regel nach in jeder Birne in 24 Stunden nur 2 bis 3 Hitzen, später 6 und jetzt gewöhnlich 10 bis 12, und selbst 30 bis 34, natürlich vorausgesetzt, dass der Bedarf genügend für eine solche Production ist. In Nordamerika soll man es auf vielen Werken [1]) bis auf 18, ja 24 Hitzen in 24 Stunden gebracht haben.

Man berechnet der Regel nach den Verlust aus dem Vergleiche zwischen dem eingeschmolzenen, beziehungsweise direct aus dem Hochofen entnommenen Roheisen und den dargestellten rohen Gussblöcken und rechnet im Allgemeinen 14 bis 16, unter günstigen Fällen 9, unter ungünstigen Fällen 25 Proc. Abgang, was indessen dem Verluste durch Oxydation, welcher selten 10 Proc. übersteigt, und sich meist auf wenig mehr als den theoretischen Verlust beschränkt, keineswegs entspricht.

Beispiele. In Barrow beträgt der Abbrand bis zum Einguss 12 bis 15 Proc., beziehungsweise 10 bis 13 Proc. Auf das Umschmelzen im Flammofen werden 6 Proc., im Kupolofen nur 4 Proc. gerechnet.

Zu Troy ist der Abbrand 14 bis 16 Proc., zu Hörde 15 Proc., zu Westcumberland-Hütte 12 Proc. in Schweden 12 bis 15 Proc.

Die Gase.

Die bisher mitgetheilten Analysen geben — so sehr sie auch noch weiterer Vervollständigung durch zahlreiche Proben bedürfen — doch ein hinreichendes Bild von den chemischen Vorgängen bis auf einen Punkt. Sie lassen nämlich die Frage unbeantwortet, ob aller Sauerstoff der Luft beim Durchströmen durch das flüssige Eisen zur Oxydation verbraucht werde, ob er sich mit dem Kohlenstoff des Eisens direct oder indirect (durch Vermittelung der Schlacke) zu Kohlenoxyd oder zu Kohlensäure oder theils zu dieser, theils zu jenem verbinde. Die Schwierigkeit, die aus dem Innern der Bessemerbirne entweichenden Gase aufzufangen, hat Veranlassung gegeben, dass bisher nur eine dahin gehende Untersuchung und zwar von Snelus [2]) vorgenommen worden ist.

---

[1]) Z. B. zu Harrisbury nach Lenok Smith. Berg und Hüttenm. Zeitung 1872, S. 297. — [2]) Wagner's Jahresbericht 1872, S. 103.

Snelus hat dabei folgende analytische Resultate gefunden, denen gleichzeitig die Beobachtungen der Flamme durch das Spectroskop und mit blossem Auge beigefügt sind.

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.	Nr. 6.
	Zeit nach dem Beginn des Blasens:					
	2 Min.	4 Min.	6 Min.	10 Min.	12 Min.	14 Min.
Kohlensäure . . .	10·71	8·59	8·20	3·58	2·30	1·34
Sauerstoff	0·92	—	Nichts	Nichts	Nichts	Nichts
Kohlenoxyd . . .	Nichts	3·95	4·52	19·59	29·30	31·11
Wasserstoff . . .	} 88·37	0·88	2·00	2·00	2·16	2·00
Stickstoff		86·58	85·28	74·83	66·24	65·55
Kohlenwasserstoff .	—	—	—	—	nicht vorhanden	—
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00
Beobachtungen mit dem Spectroskop:	Schwaches continuirliches Spectrum	Natriumlinie gerade erscheinend, aber vorübergehend	Natrium-, Calcium- und Lithiumlinien	Vollständiges Spectrum mit den Kohlenstofflinien (?)	Vollständiges Spectrum	Vollständiges Spectrum
Beobachtungen mit dem blossen Auge:	Keine wirkliche Flamme; viele Funken ausgeworfen	Viele Funken	Die Menge der Funken abnehmend	Flamme dicht und hell; sehr wenig Funken	Dichte Flamme; noch weniger Funken	Dichte Flamme; kaum einige Funken

Snelus knüpft an diese Resultate folgende Bemerkungen: Zu No. 1: „Nimmt man den Stickstoffgehalt des Gases zu 87 Volumprocent an, so entsprechen demselben 23·05 Vol.Sauerstoff. 10·71 Vol. Kohlensäure enthalten 5·35 Vol. Kohlenstoffdampf, welche — das Gewicht der Volumeinheit Luft = 1 gesetzt — 4·43 Gewichtstheile Kohlenstoff ausmachen. Die Kohlensäure enthält ihr gleiches Vol. Sauerstoff; zieht man dieses von 23·05 Vol. ab, so bleiben 12·34 Vol. oder 13·62 Gewichtstheile Sauerstoff

zur Verbindung mit anderen Elementen als Kohlenstoff übrig. Gewöhnliches englisches Bessemereisen enthält kaum mehr zur Oxydation als Kohlenstoff, Silicium und Eisen, da gewöhnlich nur wenig Mangan darin vorhanden ist, die Spuren von Schwefel nicht in Betracht kommen, und der Phosphor unberührt zurückbleibt; Eisen wird aber erst gegen das Ende des Blasens in einiger Menge verbrannt (d. h. bleibt oxydirt), wie das aus den Schlackenanalysen [1]) bekannt ist, wir haben also nur Kohlenstoff und Silicium in Betracht zu ziehen. Man kann hiernach annehmen, dass die 13·62 Thle. Sauerstoff sich bloss mit Silicium verbunden haben. Dieselben erfordern, um Kieselsäure zu bilden, 11·91 Thle. Silicium. Wir gelangen also zu dem Resultat, dass in diesem Stadium des Processes auf 4·34 Thle. Kohlenstoff 11·91 Thle. Silicium oxydirt werden, also das Silicium am schnellsten aus dem Metall verschwindet. Dies wird auch durch die Analyse des Metalls bestätigt [2]).“

Als Beispiel der Zusammensetzung des in einem Zeitpunkt zwischen den Zeiten, wo die erste und wo die zweite Gasprobe genommen worden war, entwickelten Gases theilt Snelus hier noch Analysen von W. Thorp mit. Derselbe hatte zwei Gasproben schnell aufeinander bei einer anderen Operation gesammelt, bei welcher, weil die Birne neu oder das Eisen kalt war, das Blasen 29 Minuten dauerte:

	Zusammensetzung des Gases der Röhre No. 1.	der Röhre No. 2.
Kohlensäure	8·940	9·296
Sauerstoff	0·916	0·116
Kohlenoxydgas	0·078	0·044
Wasserstoff, Stickstoff	90·066	90·544
	100·000	100·000

Zu No. 2. „Man bemerkt, dass der Gehalt des Gases an Kohlenoxyd zunimmt, der Gehalt desselben an Kohlensäure dagegen sich verringert.“ Zu. No 3. „Den 85·38 Vol. Stickstoff entsprechen 22·61 Vol. Sauerstoff. Der Kohlenstoff ist mit 10·46 Vol. Sauerstoff verbunden; es bleiben also 12·15 Vol. oder 13·42 Gewichtstheile Sauerstoff zur Verbindung mit Silicium übrig. Diese erfordern 11·74 Thle. Silicium, während der zugleich aus dem Metall ausgetretene Kohlenstoff 5·27 Thle. beträgt. Der Kohlenstoff wurde also zu der Zeit, wo die Probe No. 3 genommen wurde, im Verhältniss zum Silicium rascher oxydirt, als zu der Zeit, wo die Probe No. 1 genommen wurde.“ Zu No. 4. „Diese Probe wurde 10 Minuten nach dem Beginn des Blasens und möglichst bald nach Beginn des Kochens genommen. Das vollständige Spectrum war bereits beständig sichtbar und blieb so

[1]) S. oben S. 384. — [2]) Zum Beweis wird Barker citirt, welcher fand, dass ein Metall, welches beim Einfliessen in die Birne 3·57 Proc. Kohlenstoff und 2·26 Proc. Silicium enthielt, in einigen Minuten 0·53 Proc. Kohlenstoff und 1·305 Proc. Silicium verloren hatte.

bis zum Ende des Blasens. Man bemerkt bei dieser Probe eine starke Zunahme des Kohlenoxyds und eine entsprechende Abnahme der Kohlensäure. Dies erklärt die vermehrte Leuchtkraft der Flamme in dieser Periode, da wir jetzt ein grosses Volumen von einem Gase haben, welches an der Mündung der Birne wirklich brennt. Den 74·83 Vol. Stickstoff entsprechen 19·84 Vol. Sauerstoff. Die Kohlensäure enthält 3·58 Vol., das Kohlenoxyd 9·79 Vol., beide zusammen also 13·39 Vol. Sauerstoff. Setzt man nun voraus, dass aller in dieser Periode in Verbindung mit Kohlenstoff entwickelte Sauerstoff direct aus der jetzt durch das Eisen geblasenen Luft herstammt, so sind diese 13·39 Vol. von den 19·84 Vol. zu nehmen, und es bleiben 6·45 Vol. Sauerstoff übrig. Diese können 6·25 Thle. Silicium oxydiren, während der in der Kohlensäure und dem Kohlenoxyd enthaltene, also gleichzeitig verbrannte Kohlenstoff 9·6 Thle. ausmacht. Der Kohlenstoff wird demnach jetzt in relativ grösserer Menge abgeschieden, als das Silicium; das Verhältniss hat sich im Vergleich mit vorher umgekehrt."

Zu No. 5. „Diese Probe wurde speciell auf Kohlenwasserstoffe untersucht, da man dieselben in dieser Periode wahrscheinlich am leichtesten nachweisen kann, wenn sie überhaupt in einiger Menge gebildet werden. Aber obschon das Gas 12 Stunden lang mit rauchender Schwefelsäure in Berührung gelassen wurde, fand doch keine Absorption statt. Da eine durch Verpuffen ausgeführte Analyse ebenfalls die Abwesenheit von Kohlenwasserstoffen ergab, so kann man mit Bestimmtheit annehmen, dass diese Gase nicht gebildet werden."

Williams [1]) wendet sich mit Recht gegen die Auslegung der Analysen von Snelus und bemerkt, dass derselbe weder Wasser aufgesucht, noch angegeben habe, ob er die Gase trocken oder nass analysirt. Daher könne auch daraus kein Schluss auf das Vorhandensein von Kohlenwasserstoff gezogen werden, welcher sich vor dem Auffangen oxydiren und in der Analyse als Verbrennungsproduct Wasser und Kohlenoxyd oder Kohlensäure hätte zeigen müssen.

Zu No. 6. „Bei dieser Probe ist der grosse Gehalt an Kohlenoxyd und der sehr geringe Gehalt an Kohlensäure bemerkenswerth. Den 65·55 Vol. Stickstoff entsprechen 17·37 Vol. Sauerstoff, von denen 16·89 Vol. oder 18·66 Gewichtstheile sich mit 13·45 Thle. Kohlenstoff verbunden haben. Es bleiben also nur 0·48 Vol. oder 0·53 Gewichtstheile Sauerstoff übrig, welche 0·46 Thle. Silicium oxydiren konnten. In diesem Zeitpunkt wird also in der Hauptsache nur Kohlenstoff oxydirt, und die letzten Spuren des Siliciums verschwinden sehr allmälig [2])."

[1]) Oester. Zeitschrift für Berg- u. Hüttenwesen 1872, S. 69 u. Chemic. News 1871, Nr. 620, p. 174. — [2]) Vergleichung der oxydirten Mengen von Silicium und Kohlenstoff:

No. 1.	Silicium	72·91	100·00
	Kohlenstoff	27·09	
No. 2.	Silicium	69·80	100·00
	Kohlenstoff	30·20	

Aus den Analysen ergiebt sich scheinbar als unzweifelhafte Thatsache, dass während der ersten Periode des Blasens Kohlensäure mit wenig oder keinem Kohlenoxyd, während der späteren Periode dagegen Kohlenoxyd mit nur Spuren von Kohlensäure gebildet wird [1]).

In Wahrheit bleibt aber immer noch der Zweifel bestehen, ob die nachgewiesene Kohlensäure nicht erst beim Auffangen und Abkühlen der Gase durch Verbindung von freiem Luftsauerstoffe mit Kohlenoxyd entstanden sei, was nicht unwahrscheinlich ist, wenn die in dem Bessemergefässe herrschende, der Bildung von Kohlensäure sehr ungünstige, hohe Temperatur berücksichtigt wird.

Das Product.

Obwohl eine vollständige Kenntniss der Beschaffenheit des durch den Bessemerprocess erzeugten schmiedbaren Eisens erst möglich wird nach Erörterung des meistentheils mit demselben verbundenen Flussstahlprocesses, lässt sich doch auch jetzt schon die Beschaffenheit im allgemeinen karakterisiren.

Das Product des Bessemerns ist ein Eisen mit einem in allen die Schmiedbarkeit noch zulassenden Grenzen variirenden Kohlenstoffgehalte. In den Handel kommen nur die Sorten mit 0·83 bis herab zu 0·05 Proc. Kohlenstoffgehalt. Stahl mit höherem Kohlenstoffgehalt wird entweder als Zusatz für denselben Process, zur Flammofenflussstahl- oder zur Tiegelgussstahlbereitung verwendet, in der Regel aber gar nicht absichtlich erzeugt. Eisen von geringerem Kohlenstoffgehalt als 0·05 Proc. wird nur zu Flussstahl verwerthet und zwar stets durch Verarbeitung

---

No. 3.	Silicium	69·01	100·00
	Kohlenstoff	30·99	
No. 4.	Silicium	39·58	100·00
	Kohlenstoff	60·42	
No. 5.	Silicium	4·24	100·00
	Kohlenstoff	95·76	
No. 6.	Silicium	3·34	100·00
	Kohlenstoff	96·66	

[1]) Vergleichung der zu Kohlenoxyd und der zu Kohlensäure oxydirten Mengen von Kohlenstoff:

No. 1.	C zu CO	0	100·00
	C zu CO_2	100	
No. 2.	C zu CO	31·52	100·00
	C zu CO_2	68·48	
No. 3.	C zu CO	35·54	100·00
	C zu CO_2	64·46	
No. 4.	C zu CO	84·54	100·00
	C zu CO_2	15·46	
No. 5.	C zu CO	92·72	100·00
	C zu CO_2	7·28	
No. 6.	C zu CO	95·87	100·00
	C zu CO_2	4·13	

in demselben Gefässe, in dem es erzeugt wurde. Auf die Eigenschaften des schmiedbaren Bessemereisens haben Silicium, Mangan, Phosphor, Schwefel denselben Einfluss [1]) wie auf alle anderen Eisensorten von gleichem Kohlenstoffgehalte. Gegen die durch den Herdfrisch- und den Puddelprocess erzeugten Eisensorten zeichnet sich das Bessemereisen durch seine Freiheit von mechanisch eingemengten Schlackentheilen aus, hat dagegen den Nachtheil, bei niedrigem Kohlenstoffgehalte bereits sauerstoffhaltig zu sein und dadurch brüchig (kurzbrüchig) zu werden, eine Eigenschaft, welche dem Rothbruche dadurch oft ganz ähnlich wird, dass sie besonders im warmen Zustande auftritt. Man darf annehmen, dass der Sauerstoffgehalt, für dessen Entfernung es — wie bei dem Flussstahlprocesse erörtert werden wird — mehrere Mittel giebt, nachtheilig wirkt, weil er in der Verbindung von Eisenoxyd oder Eisenoxydoxydul dem Eisen innig beigemengt ist und dadurch die einzelnen Krystalle von einander trennt und am Zusammenschweissen hindert.

Bender fand im entkohlten Bessemereisen 0·335 bis 0·34 Proc., bei einem zweiten Versuche 0·37 Proc. Sauerstoff.

Eine zweite Eigenthümlichkeit des Bessemerproductes beruht in den darin mechanisch aufgelösten oder sich durch chemische Reaction nach der Fertigstellung noch bildenden Gasen, welche beim Erstarren zwar theils entweichen, theils aber auch eingeschlossen bleiben und Hohlräume bilden.

Diese Gase bestehen der Regel nach aus Kohlenoxyd, welches sich bei dem Entkohlungsprocesse gebildet hatte oder nach Vollendung desselben durch Berührung von Schlackentheilen oder atmosphärischer Luft mit dem noch nicht ganz entkohlten Eisen nachträglich bildet. Lässt man den Stahl in der Birne einige Minuten stehen — was besser ist, als wenn dasselbe in der Giesspfanne geschieht —, so entweicht der grösste Theil der Gasblasen. Ein anderer Theil der dann an der Oberfläche stets oxydirten und daher irisirend angelaufenen Blasenräume ist mit Stickstoff gefüllt. Er rührt von der beim Giessen eingeschlossenen atmosphärischen Luft her, welche ihren Sauerstoff an das Eisen abgegeben hat.

Zuweilen füllt Wasserstoff die Blasenräume, welcher aus zersetztem Wasserdampfe, meist Feuchtigkeit der Gussformen, herrührt. Auch dann sind die Wandungen oxydirt. Alle Blasenräume mit oxydirten Oberflächen haben einen entschieden nachtheiligen Einfluss auf die Weiterverarbeitung und müssen nach Möglichkeit vermieden werden.

Man bezeichnet im Handel das Bessemerproduct mit Nummern, welche verschiedenen Kohlenstoffgehalten entsprechen.

In Schweden unterscheidet man nach der Härte 9 Sorten [2]) und bezeichnet dieselben mit No. 1, $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$ bis 5, vom härtesten bis zum weichsten vorwärts gehend. Auf der Hütte zu Siljanfors hat die Analyse nahezu folgende Gehalte an Kohlenstoff ergeben:

---

[1]) Vergl. S. 377. — [2]) Bomann: Ueber den Bessemerprocess in Schweden.

für No.	1	2·00 Proc.
„	$1^1/_2$	1·75 „
„	2	1·50 „
„	$2^1/_2$	1·25 „
„	3	1·00 „
„	$3^1/_2$	0·75 „
„	4	0·50 „
„	$4^1/_2$	0·25 „
„	5	0·05 „

No. 1 bildet den Uebergang vom weissen Roheisen zum härtesten Stahl, es lässt sich nur mit Mühe schmieden, aber nicht schweissen.

No. $1^1/_2$ verträgt schon das Schmieden gut, lässt sich aber noch immer nicht schweissen.

No. 2 lässt sich gut schmieden, aber nicht schweissen.

No. $2^1/_2$ kann man gut schmieden und auch schon mit Vorsicht schweissen.

No. 3 lässt sich sehr gut schmieden und von einem geschickten Schmiede gut schweissen. Es ist harter Stahl.

No. $3^1/_2$ lässt sich gut schmieden und schweissen, es ist ordinärer Stahl.

No. 4 kann man sehr gut schmieden und schweissen, es ist weicher Stahl.

No. $4^1/_2$ lässt sich gut schmieden und schweissen, aber nicht mehr härten, es ist hartes oder sogenanntes Feinkorneisen.

No. 5 kann man sehr gut schmieden und schweissen, aber nicht härten; es ist gegossenes Schmiedeisen.

In Oesterreich ist die nach Tunner's Angaben eingeführte Klassification folgende [1]):

No. 1 mit 1·50 Proc. Kohlenstoff ist schmiedbarer Stahl, aber noch nicht schweissbar, und correspondirt mit No. 2 der schwedischen Klassification.

No. 2 mit 1·25 Proc. Kohlenstoff ist gut schmiedbar, aber schwer zu schweissen.

No. 3 mit 1·00 Proc. Kohlenstoff ist ein Stahl, der sehr gut schmiedbar, aber nur mit Vorsicht schweissbar ist. Es ist harter Stahl.

No. 4 mit 0·75 Proc. Kohlenstoff ist ein gut schmied- und schweissbarer Stahl. Es ist gewöhnlicher Stahl.

No. 5 mit 0·50 Proc. Kohlenstoff ist eben so leicht zu schmieden wie zu schweissen. Es ist weicher Stahl.

No. 6 enthält 0·25 Proc. Kohlenstoff; es ist Feinkorneisen, welches nur noch wenig Härtung annimmt.

No. 7 mit 0·05 Proc. Kohlenstoff, ist weiches homogenes Eisen, welches nicht gehärtet werden kann.

Diese Numerirung entsprach aber den Bedürfnissen der Praxis auch noch nicht vollständig, indem die Nummern 1. und 2. als zu hart gar nicht erzeugt werden, während die weicheren Nummern zu weit ausein-

[1]) Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, Jahrgang 1865, S. 153.

ander liegen, weshalb auf den meisten österreichischen Bessemerhütten zwischen je zwei Nummern obiger Scala noch zwei Nummern eingeschaltet wurden. Die dadurch entstehenden Abstufungen unterscheidet man durch die Zusätze hart (Kohlenstoff über der Nummer), eben (Kohlenstoff der Nummer) und weich (Kohlenstoff unter der Nummer); z. B. 4 hart (4 h), 4 eben (4 e) oder kurz 4 und 4 weich (4 w).

Wenn das Frischen zu weit getrieben ist, so erhält man ein noch weicheres Product als No. 7. Es ist kurz, ohne Festigkeit, ein verbranntes, sauerstoffhaltiges Eisen.

Die Scale zu Neuberg ergiebt:

Härte	Kohlenstoff-gehalt	
No. 1	1·50 bis 1·38	Unschweissbar, sehr selten erzeugt,
„ 2	1·38 bis 1·12	
„ 3	1·12 bis 0·88	Leicht schweissbar, für Bohrer und Meissel,
„ 4	0·88 bis 0·62	Angewendet für Schneidzeuge und Feilen,
„ 5	0·62 bis 0·38	Weicher Stahl für Radreifen,
„ 6	0·38 bis 0·15	Wenig härtbar, Stahl für Kesselbleche und Axen,
„ 7	0·15 bis 0·05	Nicht härtbar, Stahl für Maschinenbestandtheile.

In Belgien (Seraing bei Lüttich) theilt man das Bessemereisen folgendermaassen ein [1]:

I. Absolute Festigkeit 48 bis 56 Kg p. qmm. Permanente Ausdehnung 20 bis 25 Proc. Härtet sich nicht, ist aber schweissbar.

a. Kohlenstoffgehalt: unter 0·25 bis 0·35 Proc. Bezeichnung: Extra weich.
Verwendung: Waffen, Kanonen, feine und Kesselbleche, Nieten, Saiten etc.

II. Absolute Festigkeit 56 bis 69 Kg pr. qmm. Permanente Ausdehnung 10 bis 20 Proc. Härtet sich schlecht und schweisst ebenso schlecht.

b. Kohlenstoffgehalt: 0·35 bis 0·45 Proc. Bezeichnung: Weich.
Verwendung: Maschinentheile, Axen, Radreifen Schienen etc.

c. Kohlenstoffgehalt: 0·45 bis 0·55 Proc. Bezeichnung: Halbweich oder halbhart.
Verwendung: Radreifen, Schienen, Kolbenstangen, Gleitstücke und andere Reibungselemente

[1] E. F. Dürre, Preuss. Zeitschrift f. d. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen in dem preuss. Staate 1870, S. 262 bis 273 u. Wagner's Jahresbericht 1871, S. 91.

III. Absolute Eestigkeit 69 bis 105 Kg pr. qmm. Permanente Ausdehnung 5 bis 10 Proc. Härtet sich gut, schweisst aber nicht.

d. Kohlenstoffgehalt: 0·55 bis 0·65 Proc. — Bezeichnung: Hart.
Verwendung:
Federn aller Art, schneidende Werkzeuge, Feilen, Sägeblätter, Bohrstähle und anderes Grubengezähe.

e. Kohlenstoffgehalt: 0·65 Proc. und darüber. — Bezeichnung: Sehr hart.
Verwendung:
Feinere Federn, feinere Werkzeuge, Theile für Spinnmaschinen (Spindeln etc.).

Ueber das äussere Aussehen gilt im allgemeinen folgende Regel: Je härter (kohlenstoffreicher) das Bessemereisen, um so dunkler ist die Farbe und um so feiner das Korn. Die gute Farbe ist stets grau, ohne bläulichen Reflex. Je weicher (kohlenstoffärmer) das Bessemereisen, um so heller ist das Grau und um so höher der Metallglanz.

Es folgen nun ausser den bereits S. 380 mitgetheilten Analysen noch einige Mittheilungen, aus denen sich der Gehalt an Phosphor, Schwefel etc. in guten, im Handel begehrten Bessemereisensorten ersehen lässt.

	1.	2.	3.	4.
Amorpher Kohlenstoff	0·234	1·03	0·15	0·25
Silicium	0·033	0·05	0·02	0·2 bis 0·4
Mangan	0·139	0·07	0·25	0·2 „ 0·4
Phosphor	0·044	Spur	0·09	0·06 „ 0·12
Schwefel	Spur	0·05	—	—
Kupfer	0·105	0·08	—	—

	5.	6.	7.	8.	9.
Amorpher Kohlenstoff	0·3 bis 0·4	0·085	0·25	0·70	1·05
Silicium	0·04 „ 0·1	0·008	0·036	0·032	0·067
Mangan	0·2	Spur	0·234	0·256	0·355
Phosphor	0·06 bis 0·1	0·025	0·022	0·023	0·028
Schwefel	—	Spur	Spur	Spur	Spur
Kupfer	—	—	—	—	—

No. 1. Bessemereisen von Neuberg, hergestellt aus No. 8, S. 376.

No. 2. Bessemerstahl von Graz (No. 3, S. 395).

No. 3. Blöcke zur Schienenfabrikation.

No. 4. Stahl für Schienenköpfe und No. 5. Stahl für ganze Schienen, erzeugt zu Königin-Marien-Hütte [1]).

No. 6. bis 9 Stahl von Fagersta in Schweden und zwar No. 6 für weiche Eisenbleche, Eisenbahnwagenaxen etc., No. 7 für Gewehrläufe, Maschinenaxen etc., No. 8 für Schneidwerkzeuge, Sägeblätter etc., No. 9. für Meissel, Drehstühle etc.

Die am Ende des Bessemerns erhaltene Schlacke zu Fagersta enthielt:

---

[1]) Petzold und Heusinger von Waldegg: Fabrikation von Bessemerstahlkopfschienen.

Kieselsäure	44·30	mit 23·00	Sauersto
Thonerde	10·85	„ 5·10	„
Kalkerde	0·68		
Magnesia	0·45		
Manganoxydul	24·55	„ 10·50	„
Eisenoxydul	19·45		

Kennzeichen für die Beurtheilung des Stadiums.

Sobald man erkannt hatte, dass im Wesentlichen der Bessemerprocess gerade so verlaufe, wie der Herdfrisch- und Puddelprocess, und dass die verhältnissmässig kurze Zeit den Hauptunterschied bilde, ferner auch in Erfahrung gebracht hatte, dass man, wie bei jenen Processen, so auch hier direct Stahl darstellen könne, sobald es nur gelinge, den richtigen Zeitpunkt zum Aufhören genau abzupassen, bemühte man sich, möglichst sichere Kennzeichen für den jedesmaligen augenblicklichen Stand des Processes zu finden.

Schöpf- und Spiessproben. Beim Herdfrischprocess kann man bei der Arbeit selbst fühlen, beim Puddelprocess fühlen und sehen, wie Eisen und Schlacke beschaffen sind, beim Bessemern kann man ohne weiteres keins von beiden. Man hat daher versucht, sich künstlich sichtbare Proben zu verschaffen. Zuerst glaubte man am besten zum Ziel zu kommen, wenn man Proben des Metalls von Zeit zu Zeit mit einem kleinen Löffel ausschöpfte. Solche Schöpfproben erfordern aber ein Umkippen des Gefässes und damit eine wenn auch noch so kurze Unterbrechung des Processes. Da man ferner das Metall erst nach dem Erkalten an der Schmiedbarkeit, an der Härte und an der Beschaffenheit des Bruches beurtheilen kann, so verfliesst zu lange Zeit, ehe man ein Resultat erlangt. Man kann Schöpfproben, die man dann auch der Kohlenstoffprobe, ausführlichen Analysen und anderen Experimenten unterwerfen kann, höchstens zu Untersuchungen gebrauchen, aus denen man Schlüsse auf die folgenden Hitzen zieht, nicht aber um die gegenwärtig verlaufenden zu beurtheilen.

Schon besser anwendbar sind die Spiessproben[1]). Um sie auszuführen taucht man einen entsprechend gebogenen Eisenstab in das Gefäss. Hierzu ist nur eine kurze und soweit gehende Kippung erforderlich, dass der Arbeiter den Stab bequem in die Mündung bringen kann. Die Schlacke setzt sich in derselben Weise, wie dies S. 91 beim Herdfrischprocesse beschrieben wurde, an die kühlere Eisenstange an und kann als sogenannter Frischvogel oder Schlackennase herausgezogen werden. Ihre Farbe, ihr Zusammenhang und das Anhaften am Stabe sind Kennzeichen. Eine helle Farbe einer zusammenhängen-

[1]) Schon 1863 von Tunner vorgeschlagen.

den Schlacke, welche leicht abspringt, bedeutet Rückhalt an Kohlenstoff, eine dunkle Farbe, netzförmige Anlagerung und schweres Abspringen Gare. Auch ist ein garer Frischvogel schwächer in der Wandung als ein roher. Im Uebrigen sind bei verschiedenen Eisenarten die Erscheinungen oft sehr abweichend und namentlich hängt viel von dem herrschenden Hitzgrade ab.

So ist z. B. bei hohen Temperaturen, wie sie bei der Verarbeitung von mangan- und siliciumreichem Roheisen oft vorkommen, gerade nach sehr vorgeschrittener Entkohlung (also bei der Erzeugung weicher Stahlnummern) email- bis glasartige Schlacke nicht dunkel, sondern gelblich, lichtbraun oder grün, aber immer porös.

Zuweilen benutzt man die Spiessprobe auch zur Untersuchung des Stahles selbst. Man taucht dann natürlich den Stab tiefer ein. Bei hohem Kohlenstoffgehalte (1·6 bis 0·9 Proc.) legt sich der Stahl dick und gleichmässig an. Wird die Nase abgeschlagen und zerbrochen, so zeigt sich ein grobkörniger Bruch. Bei mittlerem Kohlenstoffgehalte (0·9 bis 0·4 Proc.) legt sich das Metall zwar auch gleichmässig an, aber nur dünn und zeigt im Bruche ein feines, glänzendes Korn. Bei noch geringerem Kohlenstoffgehalte endlich legt sich das Eisen in gestrickter, netzartiger Form an, im äusseren Aussehen der entsprechenden Schlacke ähnlich [1]).

Zu Königin-Marien-Hütte benutzt man eine combinirte Spiessprobe. Es ist zu bemerken, dass hier ohne Rückkohlung Stahl (mit 0·25 Proc. Kohlenstoff) erblasen wird. Ist die Entkohlung auf den richtigen Grad vorangeschritten, so zeigt sich am Spiesse eine Nase von aussen glänzend kaffeebrauner, innen strohgelb erscheinender Farbe. Die in der Schlacke mechanisch eingeschlossenen Stahlkörner werden herausgeklopft und zu Plättchen ausgeschlagen, welche keine Kantenrisse zeigen dürfen. Ist letzteres der Fall, so muss noch weiter geblasen werden.

Beobachtung der Flamme. Die äusseren Erscheinungen der Flamme, so wechselnd sie auch für die verschiedenen Eisensorten sein mögen, sind doch sehr gleich bei allen Hitzen desselben Roheisens. Hat man sie daher für eine Sorte Eisen einmal festgestellt, so lässt sich danach am allereinfachsten der Process leiten. So geschieht es auch in der Praxis meist. Die Flamme ist bei Beschreibung des Processes selbst so geschildert, wie sie sich im Durchschnitt zeigt. Das plötzliche Aufhören der leuchtenden Flamme ist übrigens in der Regel ein so scharfes Kennzeichen der vollendeten Entkohlung für sämmtliche Eisensorten als man es sich nur wünschen kann.

Chromopyrometer. Die Farben der Flamme sind weniger karakteristisch als deren äussere Beschaffenheit, indessen ist doch einerseits die Helligkeit, andererseits die Menge blauer Streifen als Kennzeichen

[1]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1872, S. 413.

des Fortschrittes in der Entkohlung zu gebrauchen. Da das Auge aber leicht durch den Glanz der Flamme geblendet wird, hat man versucht, den Uebelstand durch Anwendung bunter Gläser auszugleichen.

Das Chromopyrometer von Silliman [1]) besteht aus drei Gläsern, zwei lichtgelben und einem tiefblauen. Sieht man durch dieselben hindurch, so erscheint die Flamme beim Beginn des Processes tief carmoisinroth, erstreckt sich aber nur auf kurze Entfernung von der Birne. Wird das Blasen gesteigert, so verlängert sich die Flamme und nimmt eine blassere Färbung mit einer purpurnen Kante an. In derselben ist ein tief carmoisinrothes Band bemerkbar, welches von der Basis aufsteigt und während des ganzen Processes sichtbar bleibt. In der zweiten Periode umgiebt die Flamme ein Kranz von Carmoisinroth und die purpurne Kante wechselt mit einer grünen ab. Diese grüne Borte (welche Silliman von Mangan herrührend glaubt) wird gegen Ende des Processes nach und nach tiefer gefärbt. Im Augenblicke der Entkohlung verschwindet die Flamme plötzlich.

Spectroskop. Die Veränderungen, welche die Beobachtung der Flamme mit blossem Auge erkennen lässt, führten bald auf die Vermuthung, dass dieselben nicht bloss physikalischen, sondern hauptsächlich chemischen Einflüssen zugeschrieben werden müssen. Mit Recht glaubte man daher, annehmen zu dürfen, dass das Spectroskop dieselben Kennzeichen noch schärfer und besser geeignet für die Beurtheilung des Processes darstellen werde, als sie das unbewaffnete Auge unterscheiden könnte.

Geschichtliches [2]). Die Spectrolyse wurde zu diesem Zwecke zuerst von William Bragge in Sheffield vorgeschlagen [3]) und es wurde in Folge dessen Professor Roscoe im Jahre 1862 gewonnen, Versuche auf dem Brown'schen Stahlwerke in Sheffield anzustellen [4]). Im Jahre 1863 theilte Roscoe [5]) seine ersten Beobachtungen an der Bessemerflamme mit, wonach das Spectrum derselben hinreichend karakteristisch und für den Stand des Processes bezeichnend sein sollte, um eine praktische Anwendung zu versprechen; er meldete im Jahre darauf in der Royal institution [6]), dass die Anwendung des Spectroskops zur Bestimmung des richtigen Punktes der Entkohlung bei Brown in Sheffield praktisch eingeführt sei. Kurz darauf soll das Spectroskop auch in Crewe benutzt und von dort 1865 nach Seraing in Belgien verpflanzt worden sein.

Als der Bessemerprocess zu Königshütte in Oberschlesien im Jahre

---

[1]) Americ. Chemistry 1870, p. 103; und Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1871, S. 153. — [2]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1869, S. 2. Das Spectrum der Bessemerflamme vom Verfasser. — [3]) Revue univers. t. XXIII et XXIV, liv. 5 et 6, p. 388. — [4]) Vergl. Preuss. Zeitschrift Bd. XI, S. 238. — [5]) Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society for February 24th. 1863. — [6]) Brewster, The London etc. Philosophical Magazine, Vol. XXIV, p. 437.

1865 in Gang kam, wurde auch dort sogleich der Versuch mit einem Spectroskop, welches aus einer wohl renommirten Berliner Werkstätte stammte, vorgenommen. Der Versuch misslang vollständig. Man erhielt nur ein continuirliches Spectrum und selbst die sonst unvermeidliche Natriumlinie zeigte sich nur ab und zu. Da zuerst die Annahme fern lag, dass das Instrument für diesen Zweck unbrauchbar sei, so glaubte man nach wiederholten vergeblichen Versuchen das Misslingen in der Sache selbst suchen zu müssen, um so mehr, als directe Versuche mit Kohlenoxyd, dem man eine wesentliche Einwirkung auf die Flamme zuschreiben zu müssen glaubte, keine günstigere Aussicht auf Erfolg eröffneten.

In Oesterreich verfolgte namentlich Professor Lielegg diesen Gegenstand mit grosser Ausdauer. Seine in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften [1]) veröffentlichten Aufsätze geben genaue und zuverlässige Mittheilungen über die wechselnde Beschaffenheit des Bessemerspectrums in den verschiedenen Perioden des Processes. Seine Untersuchungen wurden zu Graz angestellt, wo man in der That das Spectroskop bald ununterbrochen zur Controle des Bessemerns mit gutem Erfolge anwendete. Von dort wurde es nach Ternitz in Niederösterreich und auf die Maximilianshütte in Bayern verpflanzt, während die auf diesen Werken erlangten günstigen Resultate auf anderen, z. B. Neuberg, keine, auf noch anderen, z. B. Hörde, nur theilweise Bestätigung fanden.

Sofort nach Lielegg's erster Publication wandte man sich in Königshütte von neuem den dahin zielenden Versuchen zu, und da man nunmehr Zweifel an der Zulänglichkeit des bis dahin angewendeten Instrumentes zu hegen begann, so wurde ein neues von den Mechanikern Starke & Kammerer zu Wien beschafft und man hatte nun günstigere Erfolge. Man fand, dass das Spectroskop dann zweckentsprechende Anwendung fände, wenn man die Entkohlung bis zu dem Grade forttreibe, welchen man in der Praxis als Punkt der vollständigen Entkohlung zu bezeichnen pflegt, und wenn man es zugleich mit sogenanntem kalten, d. h. ziemlich rauchfreiem Eisen zu thun habe. In diesem Falle liess sich das Ende des Processes selbst von einem Ungeübten mit grosser Genauigkeit feststellen. Wollte man die Entkohlung früher unterbrechen, so fehlten hinreichend deutliche Anzeichen; hatte man es ferner mit sogenanntem heissen, d. h. stark rauchendem Eisen zu thun, so gab das Spectroskop in den meisten Fällen keinen sicheren, oft auch gar keinen Anhalt, da die karakteristischen Linien, deren Verschwinden den richtigen Zeitpunkt für den Schluss des Processes andeuten soll, eher unsichtbar wurden, als dieser Zeitpunkt eingetreten war.

Erklärung des Spectrums. Schon seit Roscoe's Untersuchungen beschäftigte man sich mit den wissenschaftlichen Erklärungen der

[1]) Mathemat. naturwiss. Classe 1867 und 1868.

für das Bessemerspectrum karakteristischen Erscheinungen. Man hegte wenig Zweifel, dass Kohlenstoff oder Kohlenstoffverbindungen (Kohlenoxyd) eine wesentliche Rolle darin spielen müssten. Vergleichende, aber resultatlose Versuche machte zuerst Watt [1]. Ihm schloss sich mit gründlichen Untersuchungen Lielegg [2] an. Beide suchten die Abweichungen von den Kohlenstoffspectren, mit welchen sie das Bessemerspectrum verglichen, nicht darin, dass letzteres überhaupt kein Kohlenstoffspectrum sei, sondern in den verschiedenen Bedingungen der Bildung.

Brunner zu Neuberg machte zuerst auf das Trügerische dieser Schlussfolgerungen aufmerksam [3] und wies darauf hin, dass das Spectrum möglicher Weise im wesentlichen dem Mangan und Eisen, nicht dem Kohlenstoff angehöre.

Der Gegenstand wurde zu Königshütte von Hasenöhrl und im Laboratorium der Bergakademie zu Berlin von Dr. Wiechmann und dem Verfasser weiter verfolgt und diese Versuche führten zu der Bestätigung der Brunner'schen Annahme, für welche gleichzeitig ein directer Beweis durch Vergleich des Mangan- und Bessemerspectrums in demselben Spectralapparate von A. von Lichtenfels [4] zu Neuberg geliefert wurde.

Roscoe und Watt setzten ihre Untersuchungen fort und 1873 hat Letzterer einen nach der gegenwärtigen Lage der Spectroskopie vollständigen Ueberblick über den Zusammenhang des Bessemerspectrums mit dem anderer Körper gegeben und die alte Annahme des Verfassers [5] bestätigt, dass dasselbe ein mit den Linien des Eisens, der Alkalien und Erden combinirtes Manganspectrum sei.

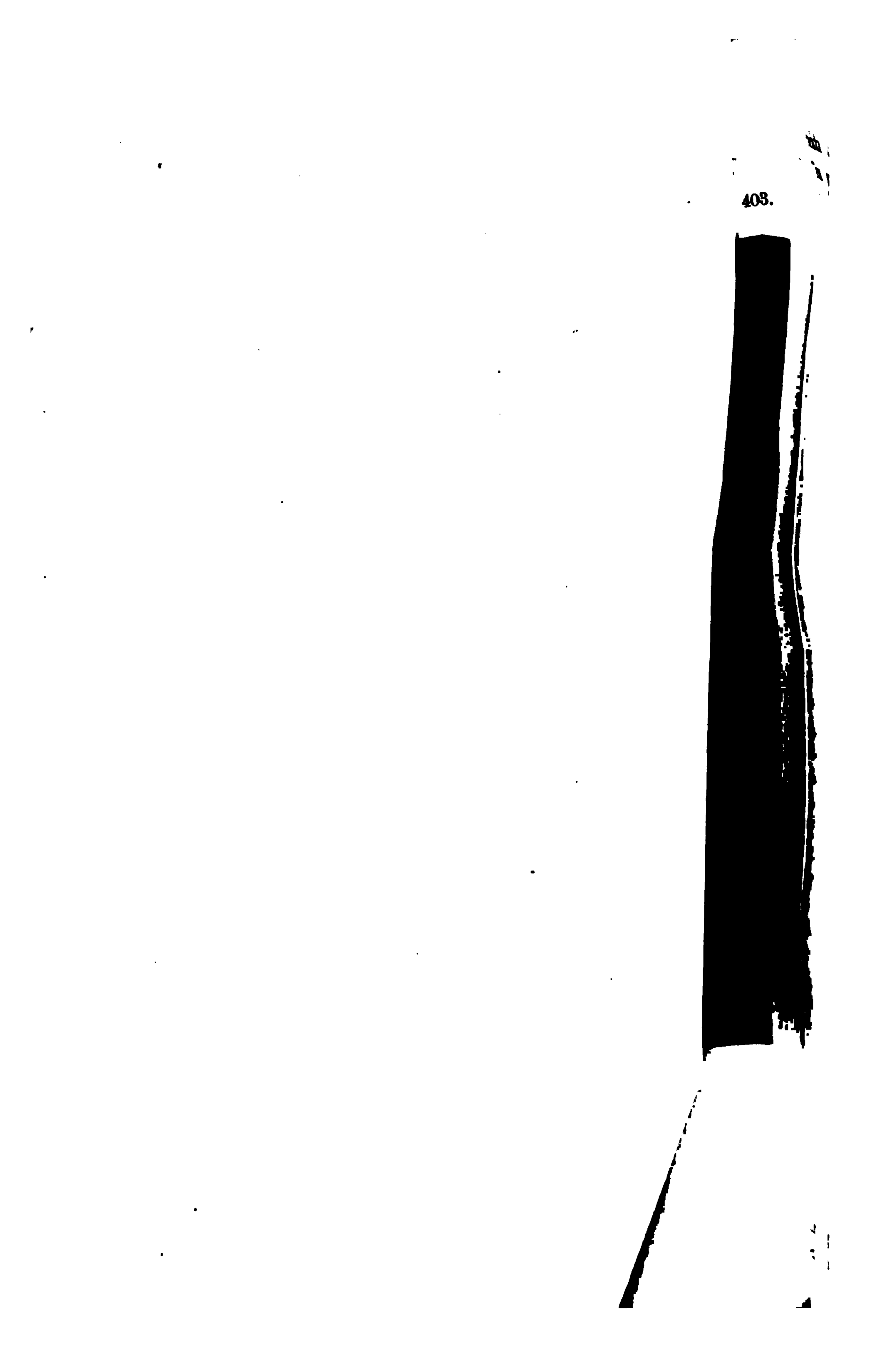
Abgeschlossen sind indessen die Untersuchungen noch nicht, denn auch Watt hat noch eine grosse Zahl von Linien bezeichnet, für welche die Erklärung fehlt.

Entstehung des Bessemerspectrums. Mit Ausnahme der allerersten und allerletzten Zeit entströmen während des ganzen Processes glühende Gase und Dämpfe, unter denen nächst Stickstoff Kohlenoxyd und Kohlensäure die Hauptrolle spielen müssen, dem Halse der Retorte. Alle diejenigen Stoffe in denselben, welche charakteristische Linien bei der Brechung ihrer Lichtstrahlen durch ein Prisma hervorbringen, werden diese Linien bei der Beobachtung durch ein Spectroskop gemeinschaftlich zeigen.

Ausser den glühenden Gasen befinden sich aber eine Menge glühender fester oder geschmolzener Körper (Eisen, Schlacke etc.) fast beständig in dem Gasstrome. Diese werden ein continuirliches Spectrum hervorrufen müssen; da sie aber meistentheils gegen den Gasstrom

---

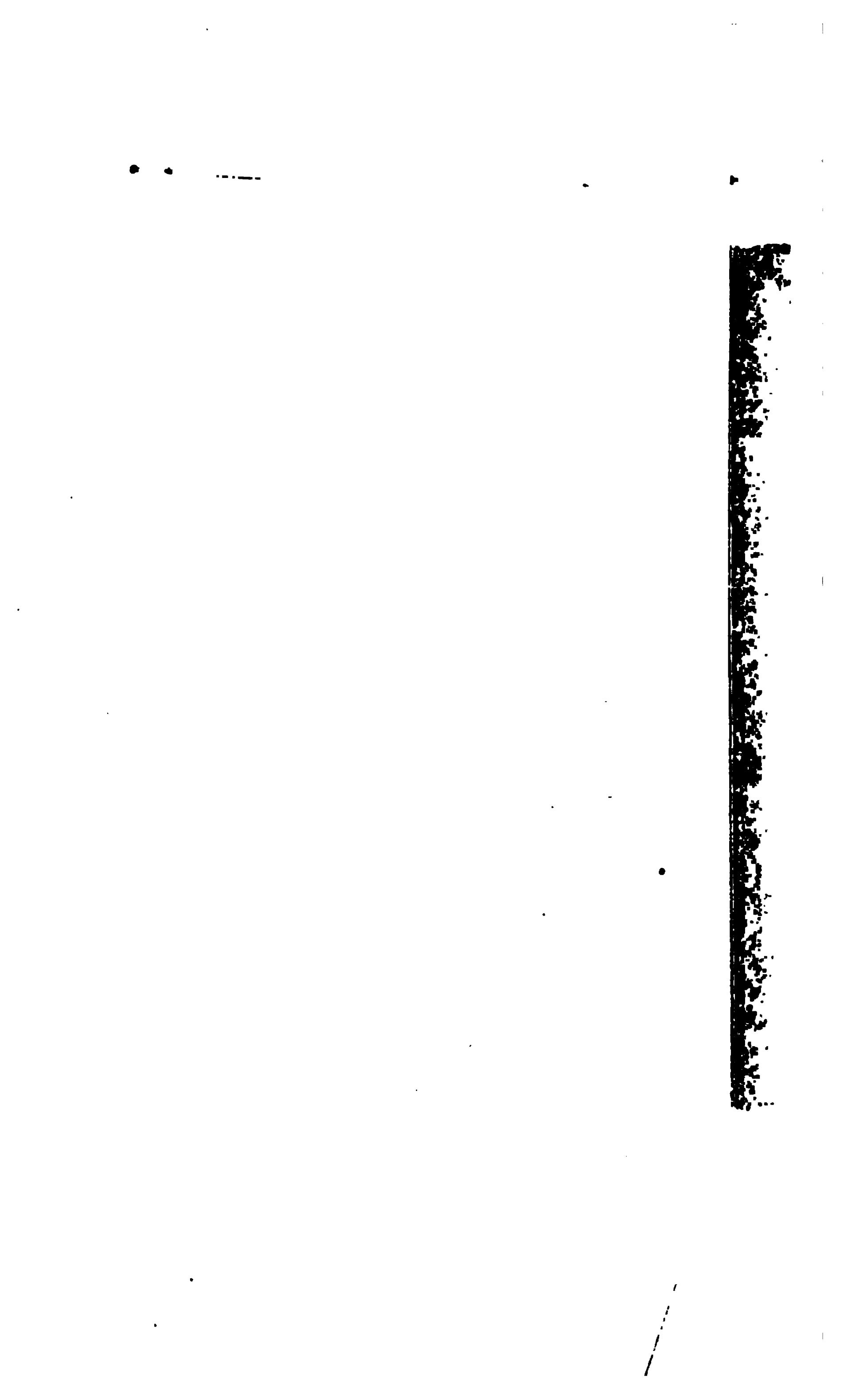
[1] Brewster, The London etc. Philosophical Magazine Vol. XXIV, p. 437. — [2] Sitzungsber. der K. Akad. der Wissensch. l. cit. — [3] Oesterr. Zeitschrift 1868, No. 29. — [4] Dingler's Polyt. Journal 1869, Bd. CXCI, S. 213. — [5] Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1869, S. 14.



zurücktreten, so werden die durch letzteren erzeugten hellen Linien auf einem gewissermaassen als Hintergrund dienenden continuirlichen Spec-

[illegible]

... ein schwaches continuirliches Spectrum. Erst gegen den Schluss der ersten Periode, gleichzeitig mit dem Auftreten einer entschiedenen Flamme, beginnen sich karakteristische



zurücktreten, so werden die durch letzteren erzeugten hellen Linien auf einem gewissermaassen als Hintergrund dienenden continuirlichen Spectrum erscheinen. Die hierdurch beeinträchtigte Deutlichkeit der hellen Linien wird entschieden noch durch das zerstreute Sonnenlicht vermindert, welches bei Beobachtungen am Tage, gleichfalls in das Spectrum gelangend, die Helligkeit des continuirlichen Spectrums hebt.

Die glühenden Gase kühlen sich am Rande der Flamme schnell ab. Dies beweist die namentlich in der zweiten Periode auftretende züngelnde Beschaffenheit der Flammenränder. Die Strahlen der im Innern glühenden Körper fallen daher durch eine Gashülle, und werden, da letztere aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzt ist, absorbirt werden können, so dass im Spectrum an Stelle der hellen Linien dunkle Absorptionsstreifen treten. Dies wird, je nach der Stärke der nicht leuchtenden Gashülle, mehr oder weniger der Fall sein. Ist die Gashülle stark genug zu vollkommener Absorption der karakteristischen Lichtstrahlen der glühenden Gase, so werden zwischen den dunklen Absorptionsstreifen die nicht absorbirten Strahlen des continuirlichen Spectrums hindurchleuchten und können in Folge des durch den Gegensatz hervorgerufenen scheinbar hellen Glanzes leicht für eigentliche Farbenlinien gehalten werden. Absorbirt die dunkle Gashülle nicht hinreichend, so werden die wirklichen Farbenlinien nur undeutlicher erscheinen. Das Letztere ist als das Wahrscheinlichere zu erwarten.

Definition des Bessemerspectrums. Um die Uebersichtlichkeit der folgenden Darstellungen zu erleichtern, ist in Fig. 1' der nebenstehenden Tafel das Sonnenspectrum abgebildet, mit einer Scale versehen und mit den üblichen Buchstaben für die wichtigsten darin auftretenden Absorptionslinien (die sogenannten Frauenhofer'schen Linien) bezeichnet; darunter das Bessemerspectrum nach verschiedenen Beobachtungen. Wenn nahe aneinander liegende Linien, sei es durch ihre allgemeine Erscheinung, sei es durch ihre weitere Trennung von anderen Linien, den Eindruck der Zusammengehörigkeit machen, so nennt man sie Liniengruppe. Solche Gruppen, welche in den Abbildungen mit griechischen Buchstaben bezeichnet sind, zeigen oft auf einer Seite eine weit grössere Helligkeit, als auf der anderen Seite. Diese Erscheinung wird mit dem Ausdruck „abschattirt" bezeichnet. Ist von „rechts" und „links" die Rede, so bedeutet rechts stets nach dem stärker gebrochenen Theile, oder mit anderen Worten, nach dem Violett des Spectrums hinliegend, links nach dem schwächer gebrochenen Theile, d. h. nach dem Roth des Spectrums hinliegend, so dass also z. B. die Natriumlinie rechts von der Kaliumlinie α im rothen Felde, links von der Kaliumlinie β im violetten Felde liegt.

Allgemeine Karakteristik des Bessemerspectrums. Bei Beginn des Blasens zeigt sich nur ein schwaches continuirliches Spectrum. Erst gegen den Schluss der ersten Periode, gleichzeitig mit dem Auftreten einer entschiedenen Flamme, beginnen sich karakteristische

helle Linien darauf abzuheben. Zuerst erscheint die Natriumlinie (*D*) allein, anfangs nur aufblitzend und wieder verschwindend, bald beständig bleibend, mit der weiteren Entwickelung des Spectrums an Helligkeit zunehmend. Sie ist während des Verlaufes des Processes stets sichtbar, meist in den zwei letzten Perioden als Doppellinie, überdauert alle anderen Linien und verschwindet zuweilen selbst am Schlusse des Processes nicht.

Bald nach dieser Linie erscheinen im grünlich-gelben und grünen Theil des Spectrums Linien, welche durch abschattirte Streifen getrennt sind, zuweilen so schwach, dass man geneigt sein könnte, diese Streifen als Producte der Absorption, die Linien als Reste des continuirlichen Spectrums zu nehmen. Allmälig aber erkennt man deutlich zwei Linien, dann zerlegen sich die abschattirten Streifen in weitere Linien und Zwischenfelder und es entstehen Liniengruppen, eine im gelbgrünen, eine im grünen Felde.

Mit zunehmender Helligkeit der Flamme und dem Fortschreiten des Processes lösen sich die Liniengruppen zu einer immer grösseren Zahl von Linien und Zwischenstreifen auf und gleichzeitig dehnt sich das Linienspectrum aus; es erscheint noch eine Liniengruppe im blaugrünen Felde und man erkennt selbst einige Linien im hellblauen Felde, und ebenso zeigt sich eine Gruppe links von der Natriumlinie im orangerothen Felde. Ist das Spectroskop ausreichend scharf, so sieht man bald nach der Natriumlinie die für Kalium und Lithium charakteristischen Linien im rothen und die für Kalium allein charakteristische zweite Linie im violetten Felde auftauchen, sowie gleichzeitig mit den ersten hellen Streifen im gelbgrünen und grünen Felde eine der Kaliumlinie β benachbarte, stärker gebrochene Linie im violetten Felde.

Weitere Linien sollen im dunkelblauen und blauvioletten Felde bei höchstem Glanz der Flamme in der Frischperiode zuweilen sichtbar sein. Ein gewöhnliches gutes Spectroskop zeigt zwar diese Linien nicht, auch mehrere von den anderen nicht, aber die Natriumlinie und die drei Gruppen im gelblich-grünen, grünen und grünlich-blauen Felde sind selbst noch deutlich zu erkennen, wenn auch das Eisen ziemlich raucht.

Mit dem Schwinden des Glanzes in der Flamme in der Frischperiode verlieren sich auch die karakteristischen Linien des Spectrums in umgekehrter Reihenfolge, wie sie gekommen, aber in weit kürzerem Zeitraume. Das Scheiden der zuerst im gelbgrünen und grünen Felde erschienenen Liniengruppen deutet an, dass der Process vollendet sei, und beim Beginn des Kippens der Birne behufs der Zufügung von Spiegeleisen verschwindet gewöhnlich, obwohl nicht immer, auch die Natriumlinie.

Die Flamme, welche beim Zulassen des Spiegeleisens entsteht, zeigt gewöhnlich dasselbe Spectrum, welches in der zweiten Periode des Processes aufgetreten war, in mehr oder weniger starker Entwickelung.

Das Bessemerspectrum nach Roscoe. Aus den Berichten

Roscoe's über seine Beobachtungen an der Bessemerflamme auf dem Stahlwerke von Brown & Co. zu Sheffield [1]), wo man Hämatitroheisen von Cumberland mit Zusatz von Siegener Spiegeleisen verarbeitet, geht über die Lage der von ihm gefundenen karakteristischen Linien nichts weiter hervor, als dass dieselben an den Stellen auftreten sollen, wo sonst die Linien von Kohlenstoff, Eisen, Natrium, Lithium, Kalium, Wasserstoff und Stickstoff im Spectrum erscheinen.

Später hat Roscoe die folgende Uebersicht gegeben:

Zeit in Minuten	Gesehen mit freiem Auge	Gesehen mit dem Spectroskop
Erstes Stadium		
0 bis 4	Keine Flamme sichtbar	Schwaches, continuirliches Spectrum, von Funken glühenden Metalles herrührend
4 bis 6	Kleine gespitzte Flamme	Helles Spectrum mit Natriumlinie-Blitzen.
6 bis 8	Unstäte Flamme mit Explosionen	Spectrum hell, Natriumlinie bleibend, dazu rothe Lithium- und beide Kaliumlinien.
Zweites Stadium		
8 bis 10	Helle, dichte Flamme	Die vorerwähnten Linien und helle Linien [1]) in Roth, Grün und Blau.
10 bis 14	Flamme noch immer hell, aber minder dicht	Die hellen Linien [1]) im Grün deutlicher als zuvor.
Drittes Stadium		
14 bis 16	Flamme weniger hell und kleiner	Die Linien [1]) im Grün werden undeutlicher.
16 bis 18	Flamme verschwindet. Gebläse wird eingestellt	Die hellen Linien [1]) im Grün verschwinden plötzlich, das Spectrum ist continuirlich.

[1]) Diese Linien sind von Roscoe als Kohlenstoff-Linien bezeichnet. Hiernach sollen also ausser den Linien der Alkalien die übrigen Linien vom Kohlenstoff herrühren. Ob indessen eine directe vergleichende Beobachtung zu dieser Schlussfolgerung irgendwie berechtige, ist nicht angegeben. — Proceedings of the Manchester Society, Febr. 24, 1863, und The London etc. Philosophical Magazine V, XXXIV, p. 438.

Nach Watt (ältere Beobachtungen). Der Assistent Roscoe's, Dr. Watt, setzte die Beobachtungen fort und gab zuvörderst folgende Beschreibung des Spectrums [1]:

„Im Anfange sieht man nur ein continuirliches Spectrum, nach 3 bis 4 Minuten erscheint die Natriumlinie, zuerst aufblitzend, dann beständig sichtbar. Hierauf tritt eine ungeheure Menge heller Linien und sehr dunkler Bänder auf, welche an Deutlichkeit bis zum Ende des Processes zunehmen. Am Schlusse desselben dagegen verschwinden plötzlich alle dunklen Bänder und die meisten hellen Linien. Das Spectrum zeichnet sich durch die vollständige Abwesenheit aller Linien im brechbareren Theile aus und es geht kaum über die Frauenhofer'sche Linie *b* (im grünen Felde) hinaus".

Dass diese zuletzt angeführte Eigenthümlichkeit, welche Watt geneigt war, für karakteristisch zu halten, nur im Instrumente, welches angewendet worden, oder in der rauchenden Beschaffenheit der beobachteten Flamme begründet ist, bedarf gegenwärtig keines Beweises mehr.

Nach einer von Watt mitgetheilten Abbildung ersieht man, dass in dem von ihm beobachteten Spectrum die Natriumlinie stark entwickelt ist, sich links davon noch eine Liniengruppe befindet, welche sich indessen noch nicht bis *C* erstreckt, während zwischen *D* und *F* fünf abschattirte Gruppen vorhanden sind, deren vier zwischen *D* und *b* liegen, stets mit ihren hellsten Theilen rechts, während die fünfte Gruppe zwischen *b* und *F* ihre hellste Stelle in der Mitte hat. Rechts von *F* befindet sich nur noch eine lichtschwache Gruppe im blauen Felde. Nach dem Zulassen von Spiegeleisen zeigt sich, nach Watt, zwar zuweilen dasselbe Spectrum wie bei der gewöhnlichen Flamme während der Oxydation, aber häufiger noch ein scheinbar ganz verschiedenes. Bei genauerer Beobachtung des gleichfalls von Watt abgebildeten Spectrums findet man indessen, dass zwar das allgemeine Aussehen abweicht, die Linien sich aber in Uebereinstimmung befinden. Völlig trifft dies zu hinsichtlich der Liniengruppe links von *D*; dagegen zeigt sich eine weit bestimmtere, schärfere Begrenzung der fünf Gruppen rechts von *D*, so dass es den Anschein gewinnt, als habe man es hier mit einem einfacheren Spectrum zu thun, als das vorhergehende ist, welches während des eigentlichen Processes durch Hinzutreten anderer Linien complicirt geworden war.

Watt machte seine Beobachtungen auf dem englischen Werke zu Crewe. Das Spectrum ist mehrfach von ihm abgebildet worden, indessen sind diese Abbildungen nicht sehr genau und weichen auch zum Theil nicht unwesentlich von einander ab. In Fig. 4 der vorstehenden Tafel ist das Spectrum nach der Angabe im Philosophical Magazine Vol. 38, Pl I. abgebildet. In der Abbildung derselben Zeitschrift Vol. 34, Pl III. fehlt die Natriumlinie und findet sich noch eine schwache Gruppe

---

[1] Op. cit. p. 438.

zwischen 100 und 110 der Theilung. In der Abbildung Vol. 45, Pl V. endlich fehlt sowohl die letztere als auch die lichtstarke Gruppe zwischen 80 und 90.

Nach Lielegg. Lielegg stellte seine Beobachtungen, wie bereits bemerkt, auf dem Bessemerwerke zu Graz an [1]), wo man graues Holzkohlenroheisen verwendete. Seine genauen und zuverlässigen Studien ergaben folgende Resultate:

Im Anfange zeigt sich ein schwaches continuirliches Spectrum, der gelbe Theil ist indessen nahezu gar nicht vorhanden, Blau und Violett sind nur schwach sichtbar, selbst die Natriumlinie fehlt. Allmälig nimmt die Lichtintensität zu und mit ihr die Ausbreitung des continuirlichen Spectrums. Mit oder gleich nach dem ersten Schlackenauswurf beginnt die Natriumlinie aufzublitzen und bleibt nach 1 bis 2 Minuten beständig sichtbar — dies ist der Anfang der zweiten Periode —; die Kaliumlinien α und β im rothen und violetten Felde des Spectrums erscheinen.

In der Kochperiode wird die Natrumlinie so hell, dass sie die zunächst liegenden Partien des continuirlichen Spectrums überstrahlt. Im gelblich-grünen, im grünen und im blauen Felde treten Linien hervor, welche zu je dreien oder vieren Gruppen bilden, die nahezu gleich weit von einander abstehen. Von diesen Gruppen erscheint indessen im grünlich-gelben und grünen Felde zuerst nur je eine Linie, die anderen folgen dann allmälig nach.

Schon zu Ende dieser Periode sind diese Liniengruppen sehr deutlich zu sehen, am deutlichsten aber werden sie in der dritten Periode, wo sich auch im blauen Felde Linien zeigen. Der helle Raum des Spectrums erscheint jetzt in vier gleich grosse Gruppen getheilt. Die eine liegt in der Nähe der Natriumlinie im gelben Felde und ist durch eine helle gelbe Linie nach rechts abgeschlossen. Die zweite Gruppe fällt in das grünlich-gelbe Feld und ist durch drei breite Linien ausgezeichnet, deren dritte oder am meisten nach rechts liegende am hellsten ist. In der dritten Gruppe finden sich vier grünlich-blaue Linien, deren vorletzte die hellste ist. Die vierte Gruppe endlich enthält vier blaue Linien von gleicher Helligkeit. Die Räume zwischen den Linien der dritten und vierten Abtheilung erscheinen dunkel und haben das Aussehen von Absorptionsstreifen.

In dem stärker abgelenkten Theile des Spectrums lässt sich im violetten Felde ausser der Kaliumlinie β noch eine stärker abgelenkte Linie erkennen, welche schon bei Beginn der Kochperiode auftritt, und während des energischen Verlaufs der Reactionen in der Frischperiode kommt noch eine scharf begrenzte Linie im blauvioletten Felde hinzu; während in dem schwächer abgelenkten Theile links von der Natrium-

[1]) Vergl. Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissensch., Mathem. naturwiss. Classe 1867, S. 153, Bd. LVI, 1. u. 2. Heft, S. 24.

Gruppe	Theilstrich	Fein-Periode 1.	Fein-Periode 2.	Rohfrisch-Periode 1.	Rohfrisch-Periode 2.	Rohfrisch-Periode 3.	Rohfrisch-Periode 4.	Garfrisch-Periode 1.	Garfrisch-Periode 2.	Theilstrich der Scala
	30·4	. . . . . .	Kalium α —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	30·4
	27·8	. . . . . .	Lithium α —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	27·8
α	25·7						Rothe scharf begrenzte Linien, erste u. dritte am deutlichsten	— —	— —	25·7
	25·5	. . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .		— —	— —	25·5
	25·3							— —	— —	25·3
	24·9	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Dunkler Streif ohne scharfe Begrenzung	— —	— —	— —	— —	24·9
	24·6	Natriumlinie	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	24·6
	24·5	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Schmaler dunkler Streif	— —	— —	— —	— —	24·5
β	24·0	. . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Gelblich-grüne Linien	— —	— —	— —	24·0
	23·5						— —	— —	— —	23·5
	[illegible]			Hellste	— —	— —	— —	— —	— —	22·9

γ	21·9	. . . . . .	. . . . . .	Hellste Linie in γ	. . . . . .	Lichtgrüne Linien	— —	— —	— —	21·9
	21·75						— —	— —	— —	21·75
	21·65	. . . . . .	. . . . . .		— —	— —	— —	— —	— —	21·65
	21·2	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Helle grüne Linie	— —	21·2
δ	20·7					Grünlich-blaue Linien	— —	— —	— —	20·7
	20·5						— —	— —	— —	20·5
	20·3	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .		— —	— —	— —	20·3
	20·05						— —	— —	— —	20·05
ε	19·3					Hellblaue Linien	— —	— —	— —	19·3
	18·95						— —	— —	— —	18·95
	18·6	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .		— —	— —	— —	18·6
	18·15						— —	— —	— —	18·15
	15·8	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Gruppe von blauen Linien, Schluss bei 15·8	— —	— —	15·8
ζ	12·6							Vier blaue Linien	— —	12·6
	11·2	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .		— —	11·2
	8·6	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	Blauviolette Linie —	8·6
	4·9	. . . . . .	Kalium β —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	4·9
η	4·7	. . . . . .	. . . . . .	Helle violette Linie	— —	— —	— —	— —	— —	4·7

linie im orangerothen Felde (etwa am Orte von Calcium α) zwei oder drei nicht scharf begrenzte, nahe an einander liegende Linien sichtbar sind.

Das am vollständigsten entwickelte Spectrum, wie man es allerdings stets nur mit einem sehr vollkommenen Apparate und bei rauchlosen Hitzen sehen kann, ist von Lielegg mit grosser Genauigkeit abgebildet worden. Es ist in Fig. 2 auf der vorstehenden Tafel wiedergegeben.

Die Reihenfolge des Erscheinens der hellen Linien ist in der Tabelle auf S. 408 und 409 in der Weise dargestellt, dass die am meisten links ausgerückten Linien zuerst, die am weitesten eingerückten zuletzt sichtbar werden. Die in der zweiten Kolumne angegebenen Theilstriche sind die des Originals, bei welchem die Steinheil'sche Scale angewendet ist. Hiernach ist der Raum zwischen Kalium α und Kalium β in 255 gleiche Theile getheilt. Die Zahlen stehen vom Violett zum Roth aufwärts. Kalium β liegt auf 4·9, D auf 24·6, $K\alpha$ auf 30·4.

Zu Ende der Frischperiode nimmt die Lichtintensität der Liniengruppen ab, sie verschwinden in der Reihenfolge, in der sie erschienen sind (also nach der vorstehenden Tabelle in der Reihenfolge von rechts nach links). Kurz vor Beendigung des Blasens sind nicht mehr alle Linien der dritten und vierten Gruppe zu sehen, das Spectrum gewinnt das Ansehen des anfänglichen in der Rohfrischperiode (1) und mit dem Verschwinden der letzten hierin gehörigen Linien ist der Zeitpunkt für die Beendigung des Oxydationsprocesses da.

Vergleicht man das Lielegg'sche Spectrum mit dem Watt'schen auf der Tafel (Figuren 2 und 4), wo die Natriumlinie auf 50 eingestellt erscheint, so findet man, dass erstens der dunkle Streif Lielegg's bei 48 links der Natriumlinie bei Watt fehlt, dass die Gruppe α sich in dem Watt'schen Spectrum viel weiter nach links, als im Lielegg'schen Spectrum, erstreckt und eine grössere Zahl heller Linien aufzuweisen hat. Die Gruppe β stimmt in ihrer ganzen Ausdehnung, wenn auch nicht in den einzelnen Linien, ziemlich überein. Gruppe γ ist bei Lielegg schmaler und schärfer begrenzt als bei Watt. Gruppe δ und ε harmoniren im Allgemeinen. Die bei 105 abschliessende blaue Gruppe ist von Watt weniger ausgebildet angegeben, und alle davon rechts liegenden Linien fehlen bei Letzterem ganz. Auch die einzelnen Linien der im Ganzen stimmenden Gruppen zeigen keine völlige Harmonie.

Beobachtungen von Habets, Bleichsteiner, Sattler und Hasenöhrl. Spätere Beobachtungen haben in Bezug auf die Beschaffenheit des Spectrums im Wesentlichen die Richtigkeit dessen, was Lielegg mit so grosser Sorgfalt festgestellt hatte, bestätigt.

Von Maximilians-Hütte in Bayern theilte Bleichsteiner[1]), von Seraing in Belgien Habets[2]) übereinstimmende Beobachtungen mit.

---

[1]) Oesterr. Zeitschr. 1868, No. 43. — [2]) Revue universelle des mines etc. 12me année, toms XXIII et XXIV, 5 et 6me livr., p. 383.

Auch weitere Beobachtungen zu Neuberg und zu Königshütte gaben keine gegentheiligen Resultate, wenn auch die Erwartungen, welche man von der Nützlichkeit des Spectroskops für die Beurtheilung des Processes hegte, wesentlich herabgestimmt wurden, in Folge der geringen Entwickelung des Spectrums und des Verschwindens der karakteristischen Linien vor hinreichender Entkohlung, sobald man es mit stark rauchendem Eisen zu thun hatte. Zahlreiche Beobachtungen von Sattler und Hasenöhrl in Königshütte zeigten, dass bei kaltem Gange und bei Erzeugung weichen Stahls das Verschwinden der Linien im grünen und grünlich-gelben Felde genau mit demselben Zeitpunkt zusammenfiel, zu welchem auch ein geübter Leiter aus der directen Beobachtung der Flamme den Befehl zum Kippen der Birne gab.

Dagegen gelang es nicht, die für die frühere Unterbrechung des Processes bei Erzeugung härterer Nummern hinreichend sicheren Anhaltspunkte im Verschwinden gewisser Linien zu finden, und bei heissen, stark rauchenden Hitzen mit direct aus dem Hochofen entnommenem Roheisen trat das Verschwinden der betreffenden Linien so früh ein, dass ein Abbrechen des Processes nach diesem Kennzeichen vollständig falsche Resultate lieferte, d. h. ein zu wenig entkohltes Product, wogegen man zuweilen unter ähnlichen Verhältnissen umgekehrt ein verbranntes (d. h. zu stark entkohltes) Product erhielt [1]).

Uebrigens muss noch eine Erscheinung erwähnt werden, auf welche schon Kupelwieser [2]) aufmerksam gemacht hat und welche der Verfasser Gelegenheit hatte in Königshütte öfters zu beobachten. Es ist dies die Eigenthümlichkeit der im gelbgrünen, grünen und blaugrünen Felde liegenden Liniengruppen, gegen das Ende des Processes nicht allmälig zu verschwinden, sondern plötzlich zu erlöschen, um im nächsten Augenblicke wieder, wenn auch schwächer als vorher, aufzuleuchten und erst nach immer matterem Aufblitzen im Spectrum ganz zu verschwinden. Dies erschwert natürlich sehr die Bestimmung des richtigen Zeitpunktes für die Beendigung des Processes. Aehnliches gilt von der Natriumlinie; auch sie verschwindet zeitweise und blitzt doch wieder von neuem auf, wie dies in umgekehrter Weise stets bei ihrem Erscheinen der Fall zu sein pflegt.

Nach Silliman [3]). Silliman verfolgte das Bessemerspectrum zu Troy in Nordamerika, auf dem Stahlwerken von Griswold & Co. Derselbe machte auf einen Umstand zuerst aufmerksam, welcher geringe Verschiebungen offenbar gleichliegender Linien in den verschiedenen beschriebenen und abgebildeten Spectren wohl zu erklären im Stande ist. Er fand, dass mit einer Bewegung des Auges vor dem Ocular sich

---

[1]) Oesterr. Zeitschr. 1868, S. 226. — [2]) Berggeist 1868, No. 21, S. 91. — [3]) Philosophical Magazine Vol. XLI, p. 1.

auch die Linien entsprechend an der Scale verschoben. Silliman beobachtete das Spectrum der Regel nach in einer Ausdehnung von 35 bis 120 Grad. (Die Natriumlinie auf 50 eingestellt.)

Im Allgemeinen zeigte sich ihm ein mit den Lielegg'schen Beobachtungen übereinstimmendes Spectrum, jedoch fand er einige Linien mehr, während andere zu fehlen schienen.

Folgendes sind die Resultate seiner Beobachtungen: In der ersten Periode erscheinen die Linien: 23½, 35, 50, 135; in der zweiten Periode: 23½, 35, 43, 44½, 45½, 46, 47½, 48½, 50, 52, 53, 56, 56½, 61½, 62, 62½, 63, 65, 66½, 67½, 70, 72, 120, 135; in der dritten Periode: 23½, 35, 43, 44, 44½, 45½, 46, 47½, 48½, 50, 51½, 52, 53, 56, 56½, 57, 61½, 62, 62½, 63, 65, 66½, 67, 67½, 70, 72, 100, 102, 103, 105, 108, 135. Ferner zeigten sich dunkle, oft durch helle Linien unterbrochene dunkele Streifen bei 44 bis 46, 51 bis 55, 56 bis 58, 62 bis 64½ von grosser, bei 33 bis 34½, 36½, 37½, 38½, 40, 68 bis 72 von geringerer Intensität.

Nach Watt's neueren Beobachtungen. Watt hat später seine Beobachtungen fortgesetzt und ohne der inzwischen gemachten Untersuchungen zu gedenken einfach constatirt, dass das Bessemerspectrum im Wesentlichen ein Manganspectrum ist [1]). Er kam zu diesem Resultate durch Beobachtungen auf den Stahlwerken der Haematite-Steel-Gesellschaft zu Barrow.

Das bei den Untersuchungen benutzte Instrument war ein Browning'sches automatisches Spectroskop mit sechs Prismen. Die Messungen der Entfernungen der Linien wurden theils mittelst einer einfachen Mikrometerschraube, theils noch genauer mittelst eines Mikrometeroculars, das mit zwei Fadenkreuzen versehen war, gemacht. Beide Messapparate wurden in Bezug auf die Genauigkeit ihrer Angaben geprüft und die Angaben selbst auf eine Tabelle der Wellenlängen übertragen. Die Wellenlängen der Linien des Bessemerspectrums wurden aber durch Interpolation mit Hilfe der Wellenlängen von den Linien einiger bekannter Metalle, deren Spectren gleichzeitig mit dem Spectrum der Bessemerflamme sichtbar gemacht waren, festgestellt.

Die Apparate waren gegen die Wand einer der Hütten gerichtet und standen mit dem Kopf der Birnen auf gleicher Höhe und in bestimmter für sichere Messungen am besten geeigneten Entfernung. Es zeigte sich nämlich, dass in grosser Nähe das durch das Einblasen des Windes erzeugte Zittern in zu hohem Maasse einwirkte, während bei geringer Entfernung allerdings das beste Spectrum in Bezug auf Helligkeit erhalten werden konnte.

Um ein möglichst gutes Vergleichsspectrum zu erhalten, führte Dr. Watt das Licht der Bessemerflamme mit Hilfe einer grossen Linse von 22·3997 cm Brennweite zu dem Spalt und brachte zwischen

---

[1]) Philosophical Magazine 1873, p. 81.

beiden einen Funkenentlader oder einen Bunsen'schen Brenner an. Ausserdem legte er einen Schirm so, dass das Licht der Bessemerflamme abgehalten werden konnte, wenn jedes der Spectren allein beobachtet werden sollte.

Die Metalle, deren Spectren mit dem der Bessemerflamme verglichen wurden, waren Eisen, Natrium, Lithion, Mangan und Manganoxyd. Die Spectren wurden dabei entweder mittelst eines Reflexionsprisma unter dem Bessemerspectrum erzeugt oder, wie beschrieben, übereinander angeordnet.

Die Eisen- und Manganspectren erzeugte Dr. Watt dadurch, dass er elektrische Funken zwischen zwei Drähten der betreffenden Metalle überschlagen liess, die von Natrium, Lithion und Manganchlorid, kohlensaurem Manganoxyd und Manganbioxyd mittelst eines Bunsen'schen Brenners oder eines Knallgasgebläses. Dabei zeigte sich, dass das Mangan, in Form von Chlorid oder Superoxyd oder kohlensaures Salz in die Knallgasflamme gebracht, ein äusserst brillantes Spectrum erzeugte, welches zum grössten Theil mit dem Bessemerspectrum übereinstimmte.

Ferner stellte Dr. Watt Untersuchungen über das Flammenspectrum nach Zugabe des Spiegeleisens über die Temperatur der Flamme bei verschiedenen Stadien der Hitze und über die Spectren bei Verwendung verschiedener Eisensorten an.

In der Tabelle Seite 414 bis 416 sind die Resultate genauer zusammengestellt, welche zu Barrow erhalten wurden. Die drei ersten Kolumnen geben die Wellenlängen der Linien vom Bessemer-, Spiegeleisen- und Manganoxydspectrum an. Die vorgesetzten griechischen Buchstaben sind die des Originals und stimmen nicht mit denen der Abbildungen auf der Tafel überein, wo sie entsprechend dem Lielegg'schen Spectrum und die Hauptgruppen besser bezeichnend gewählt sind. Dasselbe gilt übrigens von dem vorher beschriebenen. Spectrum No. 4.

In Fig. 3 der vorstehenden Tafel ist das Bessemerspectrum von Barrow, in Fig. 5 das Spiegeleisenspectrum, in Fig. 6 ein Manganspectrum dargestellt.

Gruppen des Originals	Bessemer-	Spiegel-	Manganoxyd-	Bemerkungen
	Spectrum			
	6560?	6560	—	Zwei rothe nicht immer sichtbare Linien.
	6460?	6460	—	Stellung derselben geschätzt.
α	6234	6234	6234	Feine Linie.
α	6218	—	—	Feine Linie, nur im Bessemerspectrum.
α	6204	6204	6204	Am meisten gebrochene Linie eines Bandes, welches gegen das Roth verschwindet.
α	6185	—	6185	Feine Linie.
α	6178	6178	6178	Kante eines Bandes. Die Bemerkungen zu 6204 gelten auch hier.
	6161	6161	—	Feine unklare Linie.
β	6109	6109	—	Zwei scharfe, rothe Linien, welche im Manganspectrum fehlen.
β	6097	6097	—	
	—	—	6080 ?	Vier undeutliche Linien, deren Stellung geschätzt wurde.
			6060 ?	
	6040	6040	—	Verwischte Linie.
	6012	6012	—	Zwei verwischte Linien.
	6006	6006	—	
γ	5972	5972	—	Scharfe Linie, fehlt im Manganspectrum.
	—	5946	—	Vier gleichentfernte Linien; nicht sehr breit, die brechbarste auf 5946.
	—	5932	5932	Linie im Manganspectrum, welche auch manchmal im Spiegeleisenspectrum erscheint.
	5917	—	—	
	5909	—	5909	Im Bessemerspectrum als eine undeutliche Linie, im Manganspectrum als die Kante des Bandes.
	5895	5895	—	Natriumlinien.
	5889	5889	—	
	5872	5872	—	Zwei verwischte Linien, fehlen im Manganspectrum.
	5865	5865	—	

Gruppen des Originals	Bessemer-	Spiegel-	Mangan-oxyd-	Bemerkungen
	Spectrum			
δ	5847	5847	5847	Grösste Helligkeit.
	5819	5819	—	Hellste Kante eines Bandes, verschwindet gegen Roth.
	5807	5807	—	Feine Linie.
	5790	5790	—	Scharfe feine Linie, bildet die hellste Begrenzung der ganzen Gruppe.
ε	5705	—	—	Feine Linie.
	5688	5688	5688	Glänzende Doppellinie, karakteristisch unter den feinen Linien, welche diese ganze Gruppe bilden; dieselbe stimmt fast mit Na. β {5687, 5681}
	5683	5683	5683	
	5644	5644	5644	Hellste Kante eines Bandes, nach links abschattirt.
	5607	5607	5607	Hellste Kante eines Bandes.
	5580	5580	5580	Kante eines Bandes, nur scharf im Spiegeleisen- und Bessemerspectrum.
ζ	5547	5547	—	Gruppe von drei Linien, die mittelste ist die schärfste. Nur im Bessemer- und Spiegeleisen.
	5532	5532	—	
	5529	5529	—	
η	5462	5462	—	Drei unklare Linien, fehlen im Manganspectrum.
	5454	5454	—	
	5443	5443	—	
	5433	5433	5433	Feine Linie.
	5423	5423	5423	Hellste Kante eines Bandes, gegen Roth abschattirt.
	5405	—	—	
	5395	5395	5395	Scharfe Linie.
	5391	5391	5391	Kante eines Bandes.
	5371	5371	—	Scharfe Linie, fehlt im Manganspectrum.
	5359	5359	5359	Helle Kante dieser Gruppe, welche nach dem Roth verschwindet.
	5327	5327	—	Scharfe Linie.
	5269	5269	—	Scharfe Linie, stimmt mit der *E*-Linie des Sonnenspectrums.

Gruppen des Originals	Bessemer- Spectrum	Spiegel- Spectrum	Manganoxyd- Spectrum	Bemerkungen
ϑ	5229	5229	5229	Kante eines Bandes.
ϑ	5192	5192	5192	„ „ „
ϑ	5167	5167	—	Diese Linie fehlt im Manganspectrum.
ϑ	5157	5157	5157	Kante eines Bandes.
ι	5107	5107	—	Diese Linie fehlt im Manganspectrum.
ι	5099	5099	5099	Kante eines Bandes
ι	5052	5052	5052	„ „ „
ι	5018	5018	5018	„ „ „
	4984	4984	4984	„ „ „
	—	4943	4943	„ „ „
	—	4904	4904	„ „ „
	—	4862	4862	„ „ „
	—	4836	4836	„ „ „
	—	4802	4802	Linie.
	—	4783	4783	Linie, die Kante eines Bandes bildend.
κ	4481	4481	—	K-Linie.
κ	4432	4432	—	K-Linie.
κ	4404	4404	—	K-Linie.
κ	4383	4383	—	K-Linie.
κ	4373	4373	—	K-Linie.

Aus dieser Tabelle ergiebt sich nun direct, dass folgende Linien, welche dem Manganspectrum nicht angehören, dem Eisen zukommen:

5371, 5327, 5269, 5107, 4383.

Die Linie 5167 stimmt fast mit der Eisendoppellinie $\frac{5167}{5168}$ überein und 5229 beinahe mit der Doppellinie $\frac{5226}{5232}$.

Die Gegenwart nur **einiger** der 180 Linien, welche das zwischen galvanischen Polen erzeugte Eisenspectrum enthält, erklärt sich eben so wie das Auftreten gewisser Natrium-, Thallium- und Lithiumlinien durch die verhältnissmässig niedrige Temperatur.

Folgende Linien des Bessemerspectrums wurden nicht mit den anderen übereinstimmend gefunden:

6560, 6460 — Rothe, nicht immer sichtbare Linien.

6218, 6161 — Schwache Linien.

β	6109	Scharfe rothe Linien.
	6097	
	6040	Verwischte Linie.
	6012	„ „
	6006	„ „
γ	5972	Scharfe rothe Linie.
	5872	Verwischte gelbe Linien.
	5865	
δ	5819	Hellgrüne Gruppe.
	5807	
	5790	
ζ	5547	
	5532	
	5529	
η	5462	Unklare Linie.
	5454	„ „
	5443	„ „
	5405	„ „
ϑ	5167	Schwache blaue Linie.
ϰ	4481	Blaue Linien, einschliesslich Kaliumlinie.
	4432	
	4404	
	4383	
	4373	Zwei zuweilen noch sichtbare blaue Linien.

Schlüsse aus den Beobachtungen.

Die hellen Linien des Bessemerspectrums. Natrium-, Kalium- und Lithiumlinien. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die bisher als Natrium-, Kalium- und Lithiumlinien bezeichneten hellen Linien diesen Körpern auch wirklich angehören. Ein directer Vergleich beweist ihr genaues Zusammenfallen. Diese Stoffe mögen theilweise aus dem Eisen herrühren, sicher aber stammen sie grösstentheils aus dem feuerfesten Material, mit welchem die Birne ausgefüttert ist; denn schon beim Anwärmen der Birne, und selbst bei einem ganz frischen Futter zeigen sie sich in dem Spectrum der aus dem Halse strömenden Flamme, welche durch Verbrennung der in der Birne enthaltenen Holzkohlen oder Koks erzeugt wird.

Eisenlinien. Bei den zahlreichen Linien des Eisenspectrums, welche namentlich in das grüne, an Linien auch im Bessemerspectrum so reiche Feld fallen, ist ohne genaue Messung in jedem einzelnen Falle schwer zu entscheiden, welche Uebereinstimmung zwischen beiden Spectren herrscht.

Bei früheren Untersuchungen hatte Watt nur drei Linien mit denen des Eisenspectrums übereinstimmend gefunden. Seine neueren Untersuchungen beweisen, dass zwar bei weitem nicht alle Linien des durch Verdampfung zwischen den Polen einer galvanischen Batterie erhaltenen Eisenspectrums, aber doch eine ziemliche Zahl davon, in dem Bessemerspectrum vertreten sind, wie dies aus der Zusammenstellung S. 414 zu ersehen ist. Man darf annehmen, dass die Temperatur zwar zur Verdampfung von Eisen, nicht aber zur Hervorrufung aller Linien genügt.

So zahlreich die Linien des Eisens zwischen *C* und *D* und namentlich links von *E* und zwischen *E* und *b* sind, so wenig stimmen sie in ihrer äusseren Erscheinung mit den wichtigsten karakteristischen Linien des Bessemerspectrums überein, weshalb die Vermuthung nahe liegt, dass die von anderen Stoffen herrührenden Linien des Bessemerspectrums wegen ihrer Breite und Helligkeit die des Eisens nicht zur Geltung kommen lassen.

Sie scheinen vielmehr erst vollkommener am Ende des Processes sichtbar zu werden und vielleicht gehören die nach dem Verschwinden der Natriumlinie in einzelnen Fällen deutlich aber äusserst unbeständig hervortretenden scharf begrenzten Linien dem Eisen vornehmlich an.

Kohlenstoff- und Kohlenstoffverbindungs-Linien. Es liegt am nächsten, dem Kohlenstoff oder dessen Verbindungen die Entstehung der karakteristischen Linien im Bessemerspectrum zuzuschreiben. Ist doch der Kohlenstoff grade der Körper, auf dessen Oxydation der Erfolg des ganzen Bessemerprocesses beruht, und Lielegg macht scheinbar nicht mit Unrecht darauf aufmerksam, dass ein so beständiges Spectrum, wie dasjenige sei, welches vom Beginn der Kochperiode beinahe bis zum Schlusse des Processes sich zeige, kaum einem anderen Körper als dem Kohlenoxyd oder dem Stickstoff zugeschrieben werden könne, weil kein anderer Stoff in der Bessemerflamme in solcher Menge vorhanden wäre, und dass, da Stickstoff weder beim Verbrennen seiner Verbindungen ein Spectrum gebe, noch ein solches beim Verbrennen stickstofffreier Körper in atmosphärischer Luft erhalten werde, nichts übrig bleibe, als es vom Kohlenoxydgas herzuleiten. Einen ferneren Belag dafür sieht Lielegg darin, dass die dem Bessemerspectrum karakteristischen Liniengruppen sich, wenn auch weniger entwickelt, in dem Spectrum der Kohlenoxydgasflamme zeigen, welche beim Anheizen der Retorte vermittelst Holzkohlen und Koks auftritt.

Auch Roscoe und Andere zweifelten nicht an der Richtigkeit dieser Erklärung. Schlenz fand ihre Bestätigung darin, dass auch andere wesentlich Kohlenoxydgas haltende Flammen nahe oder ganz übereinstimmende Spectra gäben, z. B. die Tümpelflamme und die Gichtflamme der Hochöfen, die Gichtgasflamme in den Winderhitzungsapparaten und Dampfkesselöfen, die Flamme des englischen Feinfeuers etc. Kupel-

wieser[1]) glaubte den Beweis mit einem Versuche im Kleinen zu führen, indem er auf einen kleinen Sefström'schen Probirofen einen mit Schamottemasse ausgefütterten, etwa 9 cm hohen abgestutzten Conus aufsetzte und die Gase zwang, durch eine kleine 3 bis 4 cm im Durchmesser haltende Oeffnung auszuströmen. Das Spectrum dieser Flamme sollte die Gruppen α, β und γ Lielegg's geben. Der letzte Versuch würde den grössten Beweiswerth haben, wenn er mit einem vollkommenen (nicht, wie angegeben, sehr kleinen) Apparat ausgeführt und durch Zahlen belegt worden wäre; denn das Auge allein ohne Zuhülfenahme einer Scala täuscht bei der Spectralanalyse gar leicht. Dazu kommt nun ferner, dass grade beim Anwärmen des Bessemerapparates kein reines Kohlenoxyd ausströmt, sondern ein Gas, welches, mit Thon und Eisentheilen in Berührung gekommen, keine Garantie für seine Freiheit von den diesen Materialien angehörigen Bestandtheilen bietet.

Auffallend musste es trotz aller dieser für das Auftreten eines Kohlenoxydgasspectrums beim Bessemern sprechenden Hypothesen freilich von vornherein bleiben, dass es nicht gelingen wollte, durch Verbrennung eines reinen Kohlenoxydes im Sauerstoffstrom ein karakteristisches Spectrum zu erzeugen. Man erhält bekanntlich immer nur ein continuirliches Spectrum, in welchem der grüne und der blaue Theil besonders entwickelt sind. Auch der Vergleich, welchen Watt zwischen dem Bessemerspectrum und dem Spectrum eines elektrischen Funkens im Kohlenoxydvacuum anstellte, ergab keinerlei Aehnlichkeit beider.

Brunner[2]) machte mit Recht darauf aufmerksam, dass der Unterschied, welchen Lielegg und Andere in der höheren Temperatur der Bessemerflamme suchten, unmöglich wäre, weil sonst angenommen werden müsse, dass beim Verbrennen eines Gemenges von reinem Kohlenoxyd und Sauerstoff eine geringere Temperatur erzeugt werde, was unwahrscheinlich sei, und weil wenigstens diese letztere Temperatur höher sein müsse, als diejenige, welche beim Anwärmen der Birne entstehe, während doch auch da die karakteristischen Linien hervorträten.

Eine andere auffallende Thatsache, welche indessen nur scheinbar gegen die Annahme eines Kohlenoxydspectrums beim Bessemerprocesse spricht, ist die Nichtübereinstimmung des Spectrums der Bessemerflamme mit anderen bekannten Kohlenstoffspectren, ja der gerade Gegensatz in Bezug auf die Abschattirung der Liniengruppen, welche beim Bessemerspectrum von rechts nach links, bei den anderen Kohlenstoffspectren von links nach rechts stattfindet, so dass also bei ersteren die hellste Linie rechts, d. h. am meisten abgelenkt, bei den übrigen links, d. h. am wenigsten abgelenkt liegt.

Dieser Gegensatz wurde von Watt bei der Untersuchung des Spec-

---

[1]) Berggeist loc. cit. und Oesterr. Zeitschr. 1868, No. 8. — [2]) Oesterr. Zeitschr. No. 29, S. 226.

trums gefunden, welches bei der Verbrennung von einem Gemisch aus ölbildendem Gase und Sauerstoff im Knallgasgebläse erhalten wird [1]), und von Lielegg selbst [2]) bei dem Vergleiche mit den Spectren des Leuchtgases, Elayls und des Cyans. Der Schluss, den Lielegg hieraus zog, dass nämlich das Spectrum einer Kohlenoxydflamme als ein ganz eigenthümliches, nämlich als das des glühenden Kohlenoxydes, nicht als das des Kohlenstoffes zu betrachten sei, muss hier angeführt werden, weil diese Schlussfolgerung an sich nicht zu bestreiten ist.

Namentlich Snelus hat, gestützt auf die S. 390 mitgetheilten Gasanalysen, diese Ansicht verfolgt und die Verschiedenheit, welche zwischen dem Bessemerspectrum und dem Spectrum des Kohlenoxyds unter gewöhnlichen Umständen stattfindet, nur als eine Function der Temperatur erklärt. „Es ist gewiss — sagt er — dass beim Beginn des Blasens die Temperatur nicht viel über Gelbglühhitze sein kann, während sie am Ende des Blasens unzweifelhaft eine gute Weissglühhitze ist. Es scheint nun, dass unter den in der Birne stattfindenden Bedingungen das Kohlenoxyd bei hoher, die Kohlensäure dagegen bei niedrigerer Temperatur der beständigere Körper ist. Dies stimmt mit einem Versuche von J. Lowthian Bell überein, durch welchen derselbe zeigte, dass die Bedingungen des Gleichgewichts für diese Gase in Gegenwart von metallischem Eisen sind:

Schwache Rothglühhitze	150	Vol. Kohlensäure	für je 100 Kohlenoxyd
Volle Rothglühhitze	47	„ „	
Beginnende Weissglühhitze	11	„ „	

„Erstes Stadium: 0 bis 4 Min. Bei einem schwachen continuirlichen Spectrum ohne wirkliche Flamme entwickelt sich fast nur Kohlensäure mit wenig oder gar keinem Kohlenoxydgas, wahrscheinlich weil bei der zu Anfang des Blasens wohl nicht viel über Gelbgluth steigenden Temperatur die entwickelte Kohlensäure sich nicht zerlegt. 4 bis 8 Min. Es treten Kalium-, Natrium und Lithiumlinien, am Schluss zuweilen unter Aufblitzen von Kohlenstofflinien auf, während die Kohlensäureentwickelung mit nur wenig Kohlenoxydgas fortdauert. Die Verflüchtigung von Alkali findet in Folge der Temperatursteigerung statt.

„Zweites Stadium: 8 bis 10 Min. Bei dichter Flamme zeigen sich helle Kohlenstofflinien in rothem, blauem und grünem Felde, indem sich an der Birnenmündung mit hoher Temperatur verbrennendes Kohlenoxydgas bildet. Das Kohlenoxyd ist wahrscheinlich durch Zersetzung der Kohlensäure bei sehr gesteigerter Temperatur entstanden. 10 bis 14 Min. Die hellen, grünen Kohlenstofflinien werden deutlicher und die Menge des Kohlenoxydgases nimmt zu. — 14 Min. bis Schluss. Die

---

[1]) Philosophical Magazine loc. cit. p. 439. — [2]) Sitzungsbericht der Akademie LVII, S. 9.

hellen Kohlenstofflinien verschwinden am Ende des Processes und die Entwickelung von Kohlenoxyd dauert bis zum Ende der Reaction fort.

„Es scheint hiernach das Bessemerspectrum oder wenigstens jener Theil desselben, welcher von Kohlenstoff herrührt, einfach das Spectrum des Kohlenoxyds von der Temperatur zu sein, bei welcher es im speciellen Falle an der Mündung der Birne verbrennt. Von den drei Bestandtheilen Eisen, Silicium und Kohlenstoff (Mangan war nur in geringer Menge in dem Satze) oxydirt sich das Silicium am raschesten, dann Kohlenstoff und zuletzt in einigermaassen beträchtlicher Menge Eisen; später wird Kohlenstoff schneller oxydirt, als noch zurückgebliebenes Silicium. Von dem Gehalt an letzterem hängt wesentlich die Zeit, in welcher das Kochen eintritt, ab und zwar findet dasselbe um so früher statt, je weniger Silicium vorhanden. Die starke Leuchtkraft der Flamme kann, den Analysen zufolge, von Kohlenwasserstoff nicht herrühren, weil ein Gehalt daran in den Gasen nicht aufgefunden werden konnte. Wahrscheinlich rührt dieselbe davon her, dass Kohlenoxydgas bei sehr hoher Temperatur verbrennt, während bei gewöhnlicher Temperatur angezündetes nur schwach leuchtet. Da die Bessemergase während der letzten Hälfte des Blasens meist so viel Kohlenoxydgas (31 Proc.) enthalten, als irgend ein anderes Gas aus Eisenhochöfen oder Gasgeneratoren (25 bis 35 Proc.), so dürfte sich dasselbe in gleicher Weise, z. B. zur Dampfkesselheizung, verwerthen lassen. 1000 Tonnen Roheisen mit $3^1/_2$ Proc. Kohlenstoff pr. Woche verarbeitet, würden einem Brennstoffaufwand von 25 Tonnen Koks entsprechen. — Es würde interessant sein, Birnengase aus den verschiedenen Blaseperioden bei einem manganreichen Roheisen zu untersuchen [1]."

Die Ansicht über die Entwickelungen von Kohlensäure bei dem Bessemerprocesse war übrigens nicht neu, sondern schon 1869 von Schlenz [2]) aufgestellt worden.

Aus allen diesen Angaben ist zwar zu ersehen, dass die Möglichkeit, in dem Bessemerspectrum ein Kohlenstoffspectrum zu erblicken, keineswegs ausgeschlossen bleibt, dass aber jeder directe Beweis dafür fehlt.

Manganlinien. Brunner in Neuberg [3]) wies zuerst darauf hin, dass die als karakteristisch für Kohlenoxydgas angesehenen Linien von anderen im Roheisen enthaltenen Stoffen herrühren müssten. „Gerade das von Lielegg beobachtete Auftreten jener Linien im Spectrum der Flamme, welche beim Anwärmen einer mit bereits gebrauchten Futter versehenen Birne entstehen, das Fehlen beim An-

---

[1]) Die Arbeit von G. J. Snelus ist commentirt und durch eigene Beobachtungen ergänzt von Kerpely, Berg- und Hüttenm. Zeit. 1871, S. 438. Vergl. ferner Parker, Chemic. News 1872, No. 619, p. 163. — [2]) Preuss. Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1869, S. 13. — [3]) Oesterr. Zeitschrift 1868, S. 226.

wärmen einer Birne mit ganz neuem Futter ist — so schliesst Brunner — ein Beweis, dass sie nicht eine Folge des in beiden Fällen erzeugten Kohlenoxydes, sondern der nach einmaligem Gebrauch im Gefäss zurückbleibenden Metallschalen sind. Da die bekannten Eisenlinien nicht zur Erklärung hinreichen, so liegt es nahe, an ein Manganspectrum zu denken, um so mehr, als die dem letzteren angehörige violette Linie mit der Linie η Lielegg's zusammenzufallen scheint."

Dass Mangan wirklich verdampft und zum Theil in Rauchform mit Kieselsäure und Eisenoxydul verbunden fortgeht, ist durch Analysen festgestellt. Die Annahme Brunner's war daher an sich wohl gerechtfertigt und bedurfte nur noch des Beweises, d. h. des Vergleiches. Die ersten Beobachtungen über das Manganspectrum rühren von Theod. Simmler[1]) her. Er beschreibt das Spectrum folgendermaassen: „Wir haben vier dicht zusammengedrängte, verhältnissmässig sehr breite grüne Linien und erst in einem weiten Abstande im äussersten Violett noch eine isolirte schmälere, aber hell leuchtende Linie." Es zeigte sich, dass die ersten beiden Linien in das gelbgrüne, die dritte in das lichtgrüne, die vierte in das blaugrüne Feld fallen, und dass die violette Linie nahe der Kaliumlinie β liege, ohne mit ihr zusammenzufallen. 0·012 mg Mangan gaben noch die beiden ersten Linien hinreichend deutlich.

Es sind ferner Manganspectra von Huggins[2]) und Rob. Thalèn[3]) mitgetheilt und später wurden im Laboratorium der Berliner Bergakademie vom Verfasser weitere Beobachtungen ausgeführt. Zu dem Zwecke wurde hier chemisch reines Chlormangan mit ebensolcher Salzsäure befeuchtet in der aus einem Glashahn ausströmenden Knallgasflamme erhitzt. Es gehört eine durch Versuche festzustellende Lage des an einem befeuchteten Platindraht angeklebten Stoffes dazu, um die erscheinenden Linien so lange festzuhalten, bis sie an der nur augenblicklich zu beleuchtenden Scala abgelesen werden können. Das Zusammenfallen der wichtigsten Linien dieses Spectrums, namentlich der hellen Streifen in der karakteristischen Gruppe β, die Gleichheit in der Abschattirung von rechts nach links, welche namentlich ganz genau so wie bei dem Spiegeleisenspectrum Watt's hervortritt, die Aehnlichkeit der ganzen Erscheinung lässt Identität wenigstens eines grossen Theils des Bessemerspectrums mit dem Manganspectrum erkennen. Auch bei der Beobachtung dieses reinen Manganspectrums zeigte sich, dass sich die vier Gruppen in um so mehr Linien auflösen, je höher die Temperatur steigt. Die violette Linie stimmt ganz genau mit der des Bessemerspectrums. Ob von den im rothgelben Felde liegenden Linien, welche mehr mit dem Watt'schen als dem Lielegg'schen Spectrum zusammentreffen, einige

---

[1]) Poggendorf, Annalen der Physik und Chemie, Bd. CXV, S. 425. — [2]) Annalen der Physik und Chemie CXXIV. — [3]) Upsala Universitets Arsskrift 1866 (Mathematik och Naturvetenskap).

geringen, wenn auch durch die Analyse unnachweisbaren Spuren von Calcium angehören, wie dies von Simmler bei seinen Untersuchungen [1]) angenommen wurde, mag dahin gestellt bleiben, doch ist es nicht wahrscheinlich, da im Manganspectrum an derselben Stelle auch Huggins und Thalèn eine Liniengruppe verzeichnen. Uebrigens wäre es nicht auffallend, wenn das Bessemerspectrum in Folge des im feuerfesten Futter stets enthaltenen Calciumgehaltes auch die diesem Stoffe angehörigen Linien aufzuweisen hätte. Dagegen spricht freilich, dass Lichtenfels bei einem directen Vergleiche des Bessemerspectrums mit einem Spectrum, welches durch Verbrennen von Chlorcalcium in einer Alkoholflamme hervorgerufen wurde, keine Uebereinstimmung der Linien fand. Vergleicht man die Linien des Lielegg'schen Bessemerspectrums mit denen des Thalèn'schen Calciumspectrums, so scheint die blauviolette Linie (8·6) hinreichende Uebereinstimmung zu zeigen. Es wäre möglich, dass erst mit der beim Erscheinen dieser Linie herrschenden hohen Temperatur Calciumdämpfe auftreten, dass aber dann in dem sehr hellen Theile des Spectrums die für das Calcium charakteristischen Linien α und β links und rechts von D überstrahlt werden. — Auffällig ähnlich wird das ganze Manganspectrum dem Bessemerspectrum, wenn man die Natrium- und Kaliumlinien gleichzeitig hervorruft und sodann den Platindraht etwas ins Glühen bringt. Es liegen dann die bekannten hellen Linien auf einem schwachen continuirlichen Spectrum. Bei hellerem Glühen des Drahtes wird letzteres so stark leuchtend, dass die hellen Linien nicht mehr sichtbar bleiben, ohne dass es doch dem Verfasser gelungen wäre, die diesen Linien entsprechenden Absorptionsstreifen wahrzunehmen.

Wenn nunmehr noch irgend welche Zweifel darüber obwalten konnten, dass das Bessemerspectrum im wesentlichen ein mit Eisen-, Kalium-, Natrium, Lithium- und vielleicht Calciumlinien combinirtes Manganspectrum sei, so wurden diese völlig durch die von A. von Lichtenfels angestellten gleichzeitigen Vergleiche eines Manganspectrums mit der Bessemerflamme in demselben Spectroskope beseitigt [2]). Lichtenfels fand die Uebereinstimmung der karakteristischen vier Liniengruppen des Bessemerspectrums mit den von Simmler bereits nachgewiesenen Streifen nicht nur im ganzen, sondern auch, dass die einzelnen Linienbestandtheile, in welche sich die Gruppen auflösten, bei beiden Spectren vollständig harmonirten. Zwei der Gruppen fand er sehr deutlich, die beiden gegen das blaue Feld zu gelegenen schwächer. Die violette Linie konnte mit dem angewendeten Apparate weder im Bessemerspectrum noch im Manganspectrum wahrgenommen werden. In Bezug auf diese letztere lassen indessen dem Verfasser die eigenen Beobachtungen keinen Zweifel der Identität.

Neuerdings ist nun auch durch Watt die Uebereinstimmung von

---

[1]) Op. cit. S. 428. — [2]) Oesterr. Zeitschr. 1869, No. 2.

mindestens 17 Linien des gewöhnlichen Bessemerspectrums mit dem Manganspectrum festgestellt worden, obwohl das Hämatiteisen, welches zu Barrow verarbeitet wird, arm an Mangan ist. Die sehr grosse Zahl der harmonirenden Linien (30) zwischen dem Spiegeleisen- und Manganspectrum ist ein vermehrter Beweis.

Wenn nun Watt anführt, dass die Manganlinien nicht dem metallischen Mangan, sondern dem Manganoxyde angehören, so ist dazu Folgendes zu bemerken. Es ist Thatsache, dass die von Huggins und Thalèn angegebenen Manganspectren nicht mit dem Bessemerspectrum übereinstimmen. Dasselbe fand durch einen directen Versuch Watt. Alle drei Spectren wurden aber durch den zwischen Drähten dieses Metalls überschlagenden elektrischen Funken gewonnen, während die übrigen Experimentatoren, unter ihnen der Verfasser, das Spectrum durch Verbrennen von Chlormangan fanden. Ein Vergleich dieses Spectrums mit dem des Mangans beim Bessemern ist gerechtfertigt; denn hier wie dort ist das Mangan im Zustande des Verbrennens. Die von Watt angenommene Differenz ist daher thatsächlich gar nicht vorhanden, sondern nur durch die verschiedene Ausdrucksweise scheinbar hervorgerufen. Wichtiger ist, dass Watt dasselbe Spectrum mit kohlensaurem Manganoxydul und Manganbioxyd (Pyrolusit) nachwies. Mit kieselsaurem Manganoxydul gelang es dem Verfasser nicht, ein deutliches Spectrum zu erzeugen. Das Manganspectrum ist in Fig. 6, der Taf. zu S. 403 abgebildet und zwar der Theil von 0 bis 92 nach Watt. Es stimmt dieser Theil im Wesentlichen mit dem vom Verfasser im Jahre 1869 nach eigenen Beobachtungen mitgetheilten Manganspectrum, welches indessen mit Ausnahme einer Linie im violetten Felde, die mit Simmler's Beobachtungen harmonirt, bereits links von F abschliesst. Dasselbe ist in der Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen Bd. XVII, Taf. XVIII, Fig. 3 abgebildet. Die folgenden Linien bis auf die am meisten rechts gelegene sind nach Beobachtungen von Kerpely so genau als es die davon in der Berg- und Hüttenm. Zeitung 1871, gegebene unvollkommene Abbildung gestattet, gleichfalls eingetragen, um bei weiteren Beobachtungen benutzt werden zu können.

Die Differenz in den einzelnen beobachteten Spectren erklärt Watt aus dem verschiedenen Mangangehalte des Roheisens. Er führte an, dass zu Crewe sich ein deutlicher Unterschied zwischen dem eigentlichen Bessemer- und dem Spiegeleisenspectrum zu erkennen gab, welcher auf der relativen Intensität verschiedener Linien beruhen sollte. Zu Barrow war dagegen Bessemer- und Spiegeleisenspectrum ganz gleich und umgekehrt zeigte das Bessemerspectrum daselbst fast vollständige Gleichheit mit dem Spiegeleisenspectrum zu Crewe. Ob nicht Temperaturdifferenzen von grösserem Einfluss sind, bleibt noch festzustellen.

Ungedeckte Linien. Die bisher noch in keiner Weise durch Identität mit anderen Spectren (nach Watt 28) erklärten Linien müssen jedenfalls anderen Stoffen als Eisen, Mangan und den Alkalien an-

gehören. Ob sie die Wirkung von anderen Metallen sind, welche in quantitativ nicht nachweisbaren Mengen im Roheisen oder im Birnenfutter enthalten sind, ob sie den kohlenstoffhaltigen Gasen angehören, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Absorptionsstreifen. Die zwischen den Hauptliniengruppen gelegenen Streifen im Bessemerspectrum können Absorptionsstreifen sein. An sich ist es ebensowohl möglich, dass sie von den Spectren des Mangans, Eisens etc. herrühren als von anderen Stoffen, aber beides ist unwahrscheinlich, weil sie niemals mit den hellen Linien der bekannten Spectren zusammenfallen.

Der dunkle Streif bei *C* soll sich nach Watt namentlich bei feuchtem Wetter zeigen, und da er mit dem rothen Bande des Wasserstoffs zusammenfällt, wird er von ihm für einen Absorptionsstreifen gehalten. Die Beobachtung ist indessen von keiner anderen Seite bestätigt worden.

Dass die Natriumlinie auch als Absorptionsstreifen auftreten könne, wird allein von Roscoe angegeben. Der Verfasser hat dies niemals gefunden.

Wenn schliesslich derselbe Chemiker andere dunkle Linien als Absorptionslinien des Kohlenoxydgases ansieht, so liegt dafür noch weniger ein Beweis vor, als wenn man die hellen Linien für die des Kohlenoxydgases hält.

Am meisten machen die beiden zur Seite der Natriumlinie liegenden dunklen Streifen den Eindruck der Absorptionsbänder. Es bliebe noch festzustellen, welchen Stoffen sie im Fall der Richtigkeit dieser Annahme ihr Dasein verdanken; die bisher bekannten, von Kirchhoff, Thalèn, Huggins und Anderen gezeichneten Spectra geben darüber keinen Aufschluss.

Nach dem Mitgetheilten dürften Absorptionslinien überhaupt nur zu den Ausnahmen gehören und es liegt gewiss kein Grund vor, sich der Annahme hinzuneigen, welche Habets als nicht ganz unwahrscheinlich andeutet, dass die hellen Linien des Bessemerspectrums nur die zwischen Absorptionsstreifen durchlaufenden Reste des continuirlichen Spectrums seien. Wäre dies richtig, so würde man wohl zuerst die Linien der Alkalien als schwarze Streifen und nicht als helle Linien vorfinden müssen.

Viel wahrscheinlicher ist es, dass der Gegensatz gegen die hellen Linien des Spectrums den Eindruck totalen Lichtmangels neben und zwischen einigen derselben hervorruft.

Entstehung und Verschwinden des Spectrums. So lange man das Bessemerspectrum für ein Kohlenstoff- oder Kohlenoxydspectrum ansah, war die Erklärung für das Entstehen und Verschwinden der karakteristischen Linien desselben sehr leicht. Da der Sauerstoff der Luft den Kohlenstoff des Eisens durch Vermittelung vorerst gebildeten Eisenoxydoxyduls, welches sich leicht in einer Singulosilicatschlacke des Eisenoxyduls löst, oxydirt, so müsste zur Hervorbringung der Kohlenstoff-

reactionen zuerst eine Schlacke gebildet, d. h. das Silicium des Roheisens grossentheils oxydirt werden. Da das in der Fein- oder Schlackenbildungsperiode geschieht, so lässt sich hieraus der Schluss ziehen, dass in dieser Zeit kein Kohlenstoff in der Flamme enthalten ist. Ist endlich das Eisen ganz entkohlt, so hört der Kohlenstoffgehalt der Flamme abermals auf und die Linien müssen wieder verschwinden.

Brunner wies darauf hin, dass in der Regel das in der Praxis entkohlt genannte Eisen noch eine nicht ganz unbeträchtliche Menge Kohlenstoff enthalte. Nach vier Analysen, welche er mittheilt [1], ging der Kohlenstoffgehalt von 3·930 [2] auf 2·465, dann 0·949 und schliesslich auf 0·087 vor dem Zusatz des Spiegeleisens herunter, eine Menge, welche seiner Ansicht nach bei der Empfindlichkeit des Spectralapparates eine noch erkennbare Reaction hervorrufen müsste, wenn es die Leuchtkraft der Flamme überhaupt noch zuliesse.

Schlenz dagegen glaubte, ähnlich wie nach ihm Snelus, von der Annahme eines Kohlenoxydspectrums ausgehend, in dem Verhältniss von jenem Gase zu gebildeter Kohlensäure den Grund für das verspätete Auftreten der Linien zu finden. Er sagt: „In der ersten Periode verbrennt im Verhältniss zu den übrigen dabei betheiligten Stoffen nur sehr wenig Kohle und diese möglicher Weise nicht einmal zu Kohlenoxyd, sondern sehr wahrscheinlich direct zu Kohlensäure, wofür der Umstand mehr als überzeugend sprechen möchte, dass eine Menge noch unverbrannter Luft durch das Metallbad hindurch geht und die Gicht des Convertors verlässt. Natürlich können da auch noch nicht die für das Kohlenoxydgas karakteristischen Linien im Spectrum der Flamme erscheinen, oder sie erscheinen so schwach, dass man sie nicht bemerkt. Aus demselben Grunde mögen in der eigentlichen Kohlenoxydperiode Aenderungen im Spectrum stattfinden, je nach dem Maasse, in welchem sich Kohlenoxydgas und Kohlensäure bilden; dieselben sind aber, weil jetzt die Kohlensäurebildung weit hinter die des Kohlenoxydgases zurücktritt, nicht, wenigstens nicht mit dem bisher zur Anwendung gekommenen Instrumente, wahrzunehmen.

„Die Tunner'sche Ansicht, wonach sich überhaupt nur Kohlenoxyd bildet, hat vielleicht ihre Richtigkeit bei der Verwendung von Holzkohlenroheisen, welches stets eine sehr kurze Funkenperiode zeigt, aber nicht auf die Königshütter Verhältnisse, wo nur Koksroheisen zur Verarbeitung kommt. Die Koksroheisensorten, die hier benutzt werden, zeichneten sich vor den Holzkohlenroheisensorten dadurch aus, dass sie in der Regel eine verhältnissmässig sehr lange Funkenperiode gaben, sich dabei hinlänglich zu erwärmen Gelegenheit hatten und deshalb einen wärmeren Stahl bei geringerem Procentfall an Pfannenschalen und Abfällen lieferten. Bei diesen Sorten passirt aber zu

---

[1]) Oesterr. Zeitschrift 1869, No. 2. — [2]) Wovon 3·180 Grafit, 0·750 chemisch gebundener Kohlenstoff.

Anfang des Processes, d. h. während der Funkenperiode, ganz unzweifelhaft ein grosser Theil unzersetzter Luft das Eisenbad, wovon man sich eben durch die Eisenfunken leicht überzeugen kann. Wählt man nämlich einen solchen Standpunkt, dass man von ihm in die Gichtöffnung der Birne zu sehen im Stande ist, so kann man beobachten, dass in dieser Periode des Processes zahlreiche, bis haselnussgrosse Eisenpartikel vom Metallbade aus an die oberen Wände der Birne geschleudert werden, wo sie alsdann langsam verbrennen, indem sie die Funken, welche ausserhalb des Gefässes die bekannte Funkengarbe bilden, erzeugen. Da diese Verbrennung, die man ganz deutlich beobachten kann, noch in der Birne selbst beginnt, und ausserhalb derselben, aber inmitten des der Gicht entweichenden glühenden Gasstroms sich fortsetzt, so ist man anzunehmen berechtigt, wenn nicht genöthigt, dass eben so wenig von aussen her zudringende Luft die Funkenbildung ausserhalb der Birne erzeugen, als dass sich die Funken bereits im Frischgefässe selbst bilden könnten, wenn nur zersetzte Luft und andere, freien Sauerstoff nicht enthaltende Gase das letztere erfüllten. Diese Funken müssen daher nur von der Gebläseluft herrühren, von welcher ein Theil das Metallbad unzersetzt durchdringt. Findet aber dieser Vorgang statt, so ist die Annahme zulässig, dass die geringe Menge von Kohle, welche zu Anfang des Processes zur Verbrennung kommt, sich direct zu Kohlensäure oxydirt. Aus diesem Grunde wird man daher auch zu Anfang des Processes keine oder nur sehr wenig Kohlenoxydgaslinien im Spectrum der Flamme beobachten können.

„Ganz in derselben Weise, wie es zu Anfang nicht vorhanden und erst allmälig sich entfaltet, muss auch zu Ende des Processes, wo nur noch sehr wenig oder gar keine Kohle für die Oxydation vorhanden ist, das Kohlenoxydgasspectrum undeutlich werden und schliesslich ganz verschwinden oder doch von den übrigen in dem Spectrum der reinen nicht leuchtenden Flamme — resp. des glühenden Gasgemisches — auftretenden Linien verdunkelt werden."

Mit der Entscheidung, dass man es überhaupt mit keinem Kohlenoxydspectrum zu thun habe, fallen freilich alle diese Deutungen als unzutreffend und es bleiben nur noch folgende Erklärungsweisen übrig: 1) Die Leuchtkraft der Flamme genügt am Anfang und Ende nicht zur Hervorrufung des Spectrums. 2) Es ist zu diesen Zeiten überhaupt keine Flamme, d. h. kein leuchtender Gasstrom, sondern nur ein erleuchteter Gasstrom vorhanden. 3) Die Temperatur für die Verflüchtigung der das Spectrum hervorrufenden Körper ist am Anfang und Ende des Processes nicht hoch genug. 4) Die absolute Menge der verdampfenden Körper, welche das Spectrum erzeugen, ist in diesen Zeiten zu gering.

Was zuerst die Leuchtkraft der Flamme oder besser ihre Helligkeit betrifft, welche Brunner als Erklärungsgrund herbeinimmt, so ist

dieselbe im Anfang des Processes allerdings sehr gering. Am Ende des Processes aber bleibt sie in sehr vielen Fällen, vielleicht in allen ziemlich stark. Es ist wahr, dass die Helligkeit der Flamme in dieser Zeit nachlässt, aber sie ist ganz entschieden stets grösser, als im Anfange der Kochperiode, wenn das Spectrum schon wohl entwickelt ist. Zuweilen (z. B. in Hörde) hat die Flamme sogar noch einen sehr bedeutenden eigenen Glanz. Nur in dem Falle, wo sich ein starker Rauch entwickelt, wird die Leuchtkraft wesentlich vermindert und dann ist das Verschwinden der Linien hinreichend erklärt; im übrigen reicht diese Erklärung nicht aus.

Es ist ferner schon mehrfach darauf aufmerksam gemacht, dass in der ersten Periode der austretende Gasstrom überhaupt nicht als Flamme anzusehen ist. Die Gase glühen noch nicht und es ist kein brennbares Gas vorhanden, welches etwa im oberen Theile der Birnen oder an deren Mündung verbrennen könnte. In soweit passt die zweite Erklärung. Ebenso tritt freilich am Schlusse des Processes nur ein erleuchteter, kein leuchtender Gasstrom aus, aber, wenn auch die Linien der Alkalien (also die vom Futter der Birne herrührenden Erscheinungen) bis zu diesem Punkte bleiben, so verschwinden doch die Manganlinien eher, als dieser Zeitpunkt eintritt. Es kann daher das Verschwinden der Linien überhaupt durch den Mangel einer Flamme nicht erklärt werden.

Die Leuchtkraft der Flamme ist nicht von der Temperatur, sondern wesentlich von der Beschaffenheit der Gase selbst abhängig. Es steht bekanntlich die Leuchtkraft und die Temperatur nur bei ein und derselben Gasart in directem Verhältniss. Daher fällt auch die Erklärung für das Erscheinen und Verschwinden der Linien durch Temperaturdifferenzen nicht mit der Erklärung durch die verschiedene Leuchtkraft der Flamme zusammen.

Aber auch die Temperatur giebt durchaus nicht eine ausreichende Erklärung. Denn andere Flammen, z. B. die Tümpelflamme von Hochöfen, welche manganhaltiges Eisen erzeugen, die Gichtflammen der Umschmelzkupolöfen, ja selbst die Flammen, welche beim Abwärmen der Birnen und der Kupolöfen entstehen, zeigen ebenfalls das, wenn auch weniger entwickelte Manganspectrum. Diese Flammen sind entschieden weniger heiss, als die Bessemerflamme beim Verschwinden der Linien. Watt hat nachgewiesen, dass die Bessemerflamme vor Beginn der zweiten Periode nicht Gold zu schmelzen vermöge, nachher aber beständig Gold, nicht aber Platin schmelze. Es bedürfte des wohl nicht gelingenden Nachweises, dass allemal, wenn sich ein Manganspectrum entwickelt, auch eine ähnliche die Goldschmelzhitze erreichende oder überschreitende Temperatur herrsche, und dass diese Temperatur wieder unterschritten werde, sobald die karakteristischen Linien verschwinden.

Wenn daher das allmälige Auftreten der Linien beim Beginn des Processes sowohl durch den Mangel einer Flamme, als durch geringere Leuchtkraft und durch geringe Temperatur erklärt werden mag, so

steht für das Verschwinden der Linien (mit Ausnahme des Falles einer starken Rauchentwickelung) die Erklärung noch offen.

Es bleibt daher nur übrig, den Grund für die Veränderung des Spectrums in der absoluten Menge der verdampfenden Substanzen zu suchen; denn offenbar kann nicht von einem gänzlichen Verschwinden der das Spectrum hervorrufenden Stoffe die Rede sein, da Eisen und auch Mangan stets noch vorhanden sind. Die von Brunner mitgetheilten Analysen geben z. B. im entkohlten Eisen noch 0·113 Proc. Mangan und zudem sind in der Schlacke zu dieser Zeit 32·23 Proc. Mangan vorhanden.

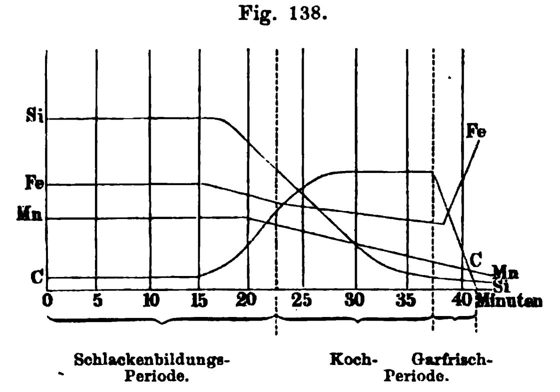
Es ist bekannt, dass die Spectralanalyse eine gewisse Menge Substanz erfordert. Diese Menge ist bei verschiedenen Körpern sehr wechselnd. Spuren von Natrium geben schon die karakteristische Linie desselben; vom Mangan gehört nach Simmler dagegen zu einer erkennbaren Reaction eine weit grössere Menge, als die ist, mit welcher man schon durch die bekannte Löthrohrreaction mit Soda einen Mangangehalt nachweisen kann. Es kommt also bei der Spectralanalyse nicht nur auf das Vorhandensein eines Stoffes, sondern auf das Vorhandensein in bestimmter Menge an.

Schlenz hat hierauf mit Rücksicht auf das Bessemerspectrum zuerst aufmerksam gemacht. Er sagt: „Es möchte scheinen, als ob die jedesmal zur Verbrennung gelangende absolute Menge der einzelnen Stoffe auf das Aussehen der Flamme und die Linien des Spectrums von wesentlichem Einfluss wäre, wie denn auch die Theilung des Processes in Perioden dadurch motivirt ist, dass die einzelnen schon mit blossem Auge bemerkbaren Veränderungen in oder an der Flamme von den momentan zur Verbrennung gelangenden Stoffen herrühren. Denn wenn auch nicht bezweifelt werden kann — jeder Praktiker wird sich davon durch den Augenschein überzeugt haben —, dass von Anfang des Processes an bis zu seiner vollständigen Beendigung alle nur möglichen chemischen Vorgänge zu gleicher Zeit nebeneinander stattfinden, dass also Eisen, Kohle, Silicium, Mangan u. s. w., von Anfang an bis zu Ende beständig sich oxydiren, während die Gebläseluft sich — wenn auch zu Anfang bloss theilweise — zersetzt, so kann doch andererseits ebensowenig geleugnet werden, dass nach dem Grade, in welchem augenblicklich der eine oder der andere Vorgang gegen die übrigen überwiegend stattfindet, die Gichtflamme einen verschiedenen Karakter annimmt. Daraus kann nun gefolgert werden, dass die Erscheinungen im Spectroskop, entsprechend jenen Vorgängen in der Birne, auch alle nebeneinander und zu gleicher Zeit stattfinden, dass aber in verschiedenen Perioden verschiedene Erscheinungen überwiegend sichtbar werden. Die Intensität der Verbrennung der einzelnen Stoffe oder das Maass der in der Zeiteinheit zur Verbrennung gelangenden Menge derselben ist in den wechselnden Perioden des Processes bei den einzelnen dabei be-

theiligten Körpern verschieden, vielleicht ähnlich so, wie dies graphisch die Fig. 138 verdeutlicht.

„Dieses Diagramm besagt aber nichts anderes, als was man täglich beobachtet, nämlich dass neben einer sich nur wenig ändernden Oxydation von Eisen und Mangan zu Anfang des Processes die Oxydation des Siliciums sehr energisch stattfindet, während die des Kohlenstoffs sehr zurückbleibt, dass aber ebenso, und zwar in dem Maasse, wie die Flamme wechselt, d. h. in dem Maasse, wie die zweite Periode sich einleitet, das Verhältniss des Maasses in der Verbrennung zwischen Silicium und Kohlenstoff in das Gegentheil übergeht, während gleichzeitig die Verbrennung von Eisen und Mangan eine etwas geringere wird (einfach aus dem Grunde geringer, weil entsprechend den Mengen, die sich von diesen beiden Körpern nun oxydiren, wiederum eine Reduction durch die in der ersten Zeit gebildete Schlacke stattfindet) und dass endlich in der

Fig. 138.



dritten Periode die Verbrennung der Kohle aus Mangel daran nahezu die Grenze des Minimums erreicht, die des Mangans und des Siliciums aus demselben Grunde ebenfalls sehr zurücktritt (wobei das Verhältniss des letzteren noch modificirt wird durch seine grössere oder geringere Verbrennbarkeit in der inzwischen auf das Maximum gesteigerten Hitze) und dass schliesslich nur noch Eisen, weil dieses gegen die anderen Körper in seiner Menge weitaus überwiegt, zur Verbrennung kommt."

Untersuchen wir nunmehr, wie weit sich diese Ansicht, nach welcher die absoluten Mengen der verdampfenden Stoffe für das Spectrum maassgebend erscheinen, auf die Erfahrung, das dieses Spectrum im wesentlichen ein Manganspectrum sei, anwenden lasse.

Dass der bei weitem grösste Theil des Mangans aus dem Roheisen abgeschieden und in die Schlacke übergeht, ist durch die zahlreichen Analysen festgestellt, ob aber der Mangangehalt der Schlacke — wie Gruner annimmt [1]) — wirklich den ganzen Mangangehalt repräsentirt, ist mehr als zweifelhaft.

---

[1]) Vergl. S. 386.

Schon die reichliche Entwickelung des Rauches bei manganreichen Eisensorten beweist, dass eine nicht unbedeutende Menge davon als Silicat verdampft. Immerhin verändert sich der Mangangehalt des Inhalts der Bessemerbirne im Ganzen nicht so bedeutend, dass daraus eine Erklärung für das endliche Verschwinden des Spectrums abzuleiten wäre. Es kann mithin nur der Zustand des Mangans sein, welcher Einfluss auf das Spectrum hat, oder mit anderen Worten, während das metallische Mangan in Dampfform oder im Augenblicke des Verbrennens das Spectrum hervorruft, thut es das im Silicate vorhandene oxydirte nicht mehr.

Der Verfasser hatte nun in der That, veranlasst durch seine im Laboratorium der Bergakademie ausgeführten Experimente, geglaubt annehmen zu dürfen, dass oxydirtes Mangan überhaupt keinen Einfluss auf das Spectrum üben kann, wenigstens konnte mit kieselsaurem Manganoxydul auch bei hoher Temperatur der angewendeten Flamme kein Spectrum erhalten werden. Watt hat den Irrthum dieser Annahme nachgewiesen. Er fand, dass Manganbioxyd gleichfalls ein Spectrum gebe und zwar genau dasselbe wie verbrennendes Chlormangan. Trotzdem bleibt es eine feststehende Thatsache, dass das Mangan als Bestandtheil des den Rauch bildenden Silicats auf das Spectrum nicht wirkt, denn sonst müsste der Rauch statt das Spectrum zu verdunkeln, es stärker hervorrufen, oder — eine starke Abkühlung an den Flammenrändern angenommen — Absorptionsstreifen erzeugen.

Es muss also neben dem chemischen Zustande des Mangans noch etwas Anderes auf die Bildung des Spectrums einwirken und das kann allerdings sehr wohl die Temperatur sein, welcher, wie oben gezeigt, allein dieser Einfluss nicht zugeschrieben werden darf.

Hiernach wird das Manganspectrum erlöschen, sobald die Temperatur soweit gesunken ist, um metallisches Mangan, welches bei seiner Verbrennung in der Flamme das Spectrum erzeugt, nicht mehr in hinreichender Menge zu verdampfen. Damit werden auch die Bedenken Silliman's einigermaassen erledigt, welcher die Erklärung für das Verschwinden des Bessemerspectrums durch die Mengenverhältnisse des Mangans für unzulässig hält, weil häufig die Natriumlinie mit demselben verschwinde, während doch die Abnahme des Natriums bis zur gänzlichen Erschöpfung nicht angenommen werden könne [1]); denn auch dies darf dem Einflusse der zu tief gesunkenen Temperatur zugeschrieben werden. Uebrigens bleibt auch in den bei weitem meisten Fällen die Natriumlinie bis nach dem Verschwinden des Manganspectrums bestehen, ohne dass doch die Entwickelung des Rauches aufhörte.

In wie weit das Verschwinden des Manganspectrums mit der Entkohlung in directem Zusammenhange stehe, ist bisher nicht ermittelt.

---

[1]) Philosophical Magazine, Vol. XLI, p. 10.

Die versuchte Erklärung des Verfassers [1]) durch Aufhören der desoxydirend wirkenden Kohlenoxydatmosphäre hat sich aus Snelus' Experimenten als unzutreffend erwiesen. Auch eine hinreichende Erklärung für die Abnahme der Temperatur wegen Mangels an Kohlenstoff liegt nicht vor, da wie sich später zeigen wird, die Wärmeentwickelung anderen Stoffen zuzuschreiben ist.

Es bleibt somit noch ein reiches Material für wissenschaftliche Studien, welche nicht ohne wesentlichen Einfluss auf die Entwickelung des Processes selbst bleiben können.

Im Allgemeinen ist bei gleich rauchfreier Flamme die Beobachtung durch das Spectroskop um so zuverlässiger, je langsamer der Process verläuft, da das Kommen und Verschwinden der einzelnen Linien um so leichter zu verfolgen ist, je weniger schnell der chemische Process voranschreitet. Die Entscheidung, in wie weit andere Verschiedenheiten in den Spectren beim Bessemern verschiedener Roheisenarten mit der Temperatur allein, oder gleichzeitig mit der Zusammensetzung des Materials zusammenhängen, bleibt ebenfalls noch weiteren Forschungen vorbehalten.

Die Beurtheilung des Entkohlungsstadiums nach dem Spectrum findet nicht auf allen Bessemerwerken in derselben Art statt. Der Regel nach wird das Verschwinden aller oder bestimmter Linien oder Gruppen im grünen Felde zum Anhalten genommen, in anderen Fällen aber auch das Verschwinden der den Alkalien angehörigen Linien, namentlich der Natriumlinie.

Ist einmal die Beschaffenheit des Spectrums für eine bestimmte Roheisensorte und das daraus zu erzeugende Product festgestellt, so thut man gut, jede Ablenkung der Aufmerksamkeit dadurch zu vermeiden, dass man alle übrigen Theile des Spectrums abblendet und nur denjenigen Theil durch das Spectroskop sichtbar werden lässt, welcher maassgebend ist. Man kann dadurch ohne die Vollkommenheit des Instruments zu beeinträchtigen eine wesentliche Vereinfachung erzielen.

Die Wärmeentwickelung beim Bessemern.

Die lange Erfahrung, dass man den Herdfrischprocess und den Puddelprocess nicht ohne einen bedeutenden Brennmaterialaufwand ausführen könne, liess beim Bekanntwerden des Bessemerprocesses Vielen die Behauptung der Entbehrlichkeit alles Brennmaterials bei demselben un-

[1]) Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. XVII, S. 18, 1869.

glaublich erscheinen. Aber bald zerstreute der Beweis thatsächlicher Ausführung alle Zweifel. Aufmerksame Beobachter der älteren Processe hatten übrigens längst die Temperaturerhöhungen wahrgenommen, welche auch dort in gewissen Perioden stattfinden und dann sogar eine künstliche Abkühlung erforderlich machen, um die Operation durchführen zu können [1]). Die Frage nach den Gründen, welche beim Bessemerprocess unter allen Umständen eine so wesentlich höhere fühlbare Wärmeentwickelung veranlassten, konnte nur dahin beantwortet werden, dass, da ein Unterschied in den chemischen Vorgängen der drei Processe nicht stattfände, da die Bessemerbirne keine Vorrichtung sei, welche an sich Veranlassung zu geringeren Wärmeverlusten, als Puddelofen und namentlich Frischherd gäbe, das eigenthümliche Verhältniss lediglich auf die Unterschiede in der Menge der gleichzeitig entwickelten Wärme, d. h. auf die Verschiedenheit der gleichzeitig verarbeiteten Roheisenmengen und die Zeit, in der die Frischprocesse vollendet werden, zurückgeführt werden müsse. Leider haben die Physiker die Eisenhüttenleute mit der Entwickelung der Wärmelehre sehr im Stich gelassen. Sie bleiben uns die Antwort auf eine so grosse Zahl von Fragen schuldig, dass es nicht auffallen darf, wenn alle Bestrebungen, die soeben angegebene Erklärung der thatsächlichen Vorgänge durch Zahlen zu belegen, noch verhältnissmässig höchst unvollkommene Resultate ergeben haben.

Die Wärme, welche beim Bessemerprocesse wie bei jedem Frischprocesse erzeugt wird, hat ihren alleinigen Ursprung in der Oxydation verschiedener Stoffe durch den Sauerstoff der Luft; diese Stoffe sind Eisen, Mangan, Silicium und Kohlenstoff. Es bleibt dabei vollständig gleichgültig, ob die Oxydation direct oder indirect stattfindet, wenn nur die Oxydation nicht von dem Processe selbst getrennt wird; denn die indirecte Oxydation wird, wie schon von den älteren Frischprocessen her bekannt ist, immer nur durch die Oxyde des Eisens oder Mangans hervorgerufen. Untersuchungen, welche namentlich hinsichtlich des Hochofenprocesses angestellt worden sind [2]), haben gezeigt, dass der Kohlenstoff ziemlich genau soviel Wärme bei seiner Oxydation entwickelt, als zur Reduction von Eisenoxyden für eine gleiche Menge Sauerstoff verbraucht wird, d. h. dass die Oxydation von Kohlenstoff durch Eisenoxyde weder Wärme entwickelt noch Wärme verbraucht. Da nun aber das zu dieser Oxydation verbrauchte Eisen durch den Sauerstoff der Luft unter Wärmeentwickelung oxydirt wird, so bleibt es für die Berechnung ganz gleichgültig, ob man den Kohlenstoff oder eine entsprechende Eisenmenge als Wärmebildner annimmt.

Eine untergeordnete Rolle spielt die durch die Verbrennung noch anderer Stoffe, wie eines Theils des Schwefels, eines etwaigen Titangehalts u. s. w., erzeugte Wärmemenge. Sie kann vorläufig, wo noch hinrei-

[1]) Vergl. S. 58 u. 209 u. a. a. O. — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 671.

cheud genaue Zahlen selbst für die wichtigeren Stoffe fehlen, ganz ausser Betracht bleiben.

Wird der Sauerstoff der Luft ersetzt durch den bereits fertig gebildeter Oxyde, z. B. in Hammerschlag, Garschlacke u. s. w., dann geht die bei Bildung derselben entwickelte Wärme dem Processe selbst verloren.

Die Wärme, welche entwickelt wird, überträgt sich auf Eisen, Schlacke, Gase und Wandungen des Gefässes. Die auf die Gase und die Gefässwandungen übertragene Wärme geht dem Processe grösstentheils verloren, die dem Eisen und der Schlacke verbleibende wird allein zu einer Temperatursteigerung nutzbar. Mit den Gasen geht um so mehr Wärme nutzlos verloren, je mehr unverbrannte Theile in denselben beim Ausströmen aus der Birnenmündung vorhanden sind.

Zu den unverbrannten Gasen gehört vor allem der unverbrennliche Stickstoff, sodann Kohlenoxyd im Gegensatz zur Kohlensäure, untergeordnet (falls nicht absichtlich Wasserdampf eingeblasen wird) Wasserstoff im Gegensatz zu Wasserdampf. Es geht ferner um so mehr Wärme durch die Gase nutzlos verloren, je reicher sie an unverbrauchter atmosphärischer Luft sind, welche statt Wärme durch Oxydation erzeugt zu haben, nur der Träger einer der herrschenden Temperatur entsprechenden Wärmemenge wird.

Die Wärme, welche durch Leitung und Strahlung in den Birnenwandungen verloren geht, ist nach dem gegenwärtigen Stande der Wärmelehre auch nicht annähernd direct zu bestimmen, sondern nur aus der Differenz der Wärmemengen, welche theoretisch erhalten werden sollen und welche thatsächlich erhalten werden, zu veranschlagen. Im allgemeinen darf als feststehend angesehen werden, dass ein neues oder frisch gefuttertes Gefäss am meisten, ein durch wiederholten Gebrauch bereits stark verschlacktes dagegen weniger die Wärme leiten werde. Bei Berechnung der durch Strahlung und Leitung verloren gehenden Wärmemenge ist in Betracht zu ziehen, dass das Gefäss beim Beginn des Processes bereits eine sehr hohe, oft ebenso hohe Temperatur besitzt, als am Ende desselben.

Wärmeverluste durch das Futter finden ferner durch Uebergang von Theilen desselben in die Schlacke statt, weil sie deren Temperatur annehmen müssen, ohne — da sie bereits oxydirte Stoffe enthalten — zur Wärmeerzeugung beizutragen, wie das Silicium des Roheisens.

Die Wärmemenge, welche in den Endproducten aufgespeichert ist, und welche bekanntlich, wenn der Process als normal bezeichnet werden soll, genügen muss, um ein fast kohlenstofffreies Eisen noch im flüssigen Zustande zu erhalten, setzt sich zusammen aus der dem Roheisen bei seinem Eingusse innewohnenden Wärme und dem Ueberschusse der während des Processes erzeugten gegen die verloren gegangene Wärme.

Zur Berechnung der Wärmemengen, welche beim Bessemerprocess erzeugt werden, empfiehlt es sich, dieselben entweder auf die Gewichts-

einheiten Sauerstoff zu beziehen, welche zur Oxydation verbraucht werden, oder auf die Gewichtseinheit Roheisen.

Es wird daran erinnert, dass man versteht:

1. unter Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit (1 Kg) Wasser um 1^0 C. in ihrer Temperatur zu erhöhen;

2. unter absolutem Heizeffect oder calorischer Wärme diejenige Wärmemenge, welche die Gewichtseinheit (1 Kg) eines Stoffes bei der Eingehung einer chemischen Verbindung mit einem anderen Stoffe entwickelt, ausgedrückt in Wärmeeinheiten;

3. unter specifischer Wärme die in Wärmeeinheiten ausgedrückte Wärmemenge, welche erforderlich ist, um die Temperatur einer Gewichtseinheit (1 Kg) eines Stoffes oder eines zusammengesetzten Körpers um 1^0 C. zu erhöhen. Die specifische Wärme des Wassers ist hiernach = 1;

4. unter latenter Wärme die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche bei der Ueberführung einer Gewichtseinheit eines Körpers in einen höheren Aggregatzustand aufgenommen wird, ohne eine Temperaturerhöhung hervorzurufen. Je nach der Ueberführung in den flüssigen oder in den dampfförmigen Aggregatzustand unterscheidet man Schmelzungswärme und Verdampfungs- oder Vergasungswärme;

5. unter Zersetzungswärme die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche bei der Trennung einer chemischen Verbindung verbraucht wird. Dieselbe ist stets genau so gross, als die bei der Eingehung der Verbindung entwickelte calorische Wärme, bezogen auf dieselbe Gewichtsmenge eines der Stoffe;

6. unter pyrometrischem Heizeffect den Temperaturgrad, den ein Stoff bei einer Anfangstemperatur von 0^0 und unter einem Drucke (Barometerstand) von 760 mm Quecksilbersäule durch die Verbrennung zu entwickeln im Stande ist, ausgedrückt in Graden Celsius. Man findet den pyrometrischen Heizeffect durch Rechnung als Quotienten aus dem Product von Brennstoffgewicht und absolutem Heizeffect, dividirt durch das Product aus dem Gewicht der erhaltenen Verbindung und deren specifischen Wärme [1]).

Die Stoffe, welche bei der Verbrennung im Bessemerapparate zur Wärmeentwickelung beitragen, sind Eisen, Mangan, Silicium und Kohlenstoff.

Der absolute Heizeffect des Eisens bei seiner Verbindung mit Sauerstoff ist bezogen auf die Gewichtseinheit des letzteren von Dulong zu 4327 Wärmeeinheiten ermittelt; er fand für 1 Kg Eisen 1648 Wärme-

---

[1]) $T = \frac{CP}{m\,C.\,S.}$, wenn C die Gewichtsmenge des Brennstoffs, P dessen absoluten Heizeffect, $m\,C$ die Gewichtsmenge des Verbrennungsproductes, S dessen specifische Wärme ist, wobei C eine Summe sein kann, aber stets = 1 angesetzt werden muss.

einheiten, wenn dasselbe zu Eisenoxydoxydul ($Fe_3 O_4$) verbrennt. Nimmt man (nach dem Welter'schen Gesetze) an, dass sich bei verschiedenen Oxydationsstufen die Wärmeentwickelung verhält wie die Menge des erforderlichen Sauerstoffs, so erhält man für 1 Kg Eisen 1854 Wärmeeinheiten, wenn dasselbe zu Oxyd verbrennt. Favre und Silbermann fanden für die Umwandlung von 1 Kg Eisen in Oxydul auf nassem Wege 1325 Wärmeeinheiten. Nach Woods werden 4213, nach Andrews 4134 Wärmeeinheiten [1]) durch die Gewichtseinheit Sauerstoff entwickelt, von Gruner werden 4403 Wärmeeinheiten und von Åkermann 4205 Wärmeeinheiten als Mittel angenommen [2]). Sehr abweichend giebt Despretz für 1 Kg Sauerstoff die bei der Verbrennung des Eisens entwickelte Wärme zu 5325 Wärmeeinheiten an.

Geht das Eisen die Verbindung des Oxyduls ein, in welcher Form es sich mit der Kieselsäure zu Schlacke vereinigt, so werden auf jede Gewichtseinheit Eisen $\frac{8}{28} = 0{\cdot}2857$ Sauerstoff verbraucht, welche daher z. B. unter Zugrundelegung der Gruner'schen Zahl 1287 Wärmeeinheiten geben.

Auf 0·2857 Gewichtstheile Sauerstoff werden 0·957 Gewichtstheile Stickstoff mit eingeblasen unter der Annahme, dass aller Sauerstoff zur Oxydation wirklich verbraucht werde und die Luft vollkommen trocken sei.

Geht das Eisen die Verbindung des magnetischen Oxydoxyduls ein, in welcher Form es auftritt, sobald sämmtliche Kieselsäure zur Bildung eines Singulosilicats verbraucht ist, so werden auf jede Gewichtseinheit Eisen $\frac{8}{21} = 0{\cdot}3810$ Gewichtstheile Sauerstoff verwendet, welche unter denselben Umständen 1·275 Gewichtstheile Stickstoff mitführen.

Der absolute Heizeffect des Mangans wird von den meisten Metallurgen gleich dem des Eisens angenommen. Es berechtigt hierzu allerdings die Uebereinstimmung des Atomgewichts beider Metalle und der specifischen Wärme der Oxyde. Åkerman [3]) machte indessen zuerst mit Recht darauf aufmerksam, dass die bedeutend grössere Schwierigkeit, d. h. die erforderliche höhere Temperatur bei der Reduction der Manganoxyde gegen die der Eisenoxyde auf einen höheren Heizeffect des Man-

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 671. — [2]) Studien über die Wärmeverhältnisse des Eisenhochofenprocesses deutsch von Tunner S. 7, und analytische Studien über den Hochofen, deutsch von Steffen.

1 Kg Eisen verbrennend zu Oxyd, $Fe_2 O_3$, nach	
Andrews	1780
„ Dulong	1854
„ Favre und Silbermann	2028
„ Despretz	2271

[3]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1874, S. 76.

ganz schliessen lasse. Diese Ansicht wird ganz entschieden bestätigt durch den viel heisseren Gang beim Bessemern, wenn ein manganreiches, als wenn ein manganarmes oder gar manganfreies Roheisen verarbeitet wird. Directe Untersuchungen liegen über die Höhe des absoluten Heizeffects für das Mangan noch nicht vor.

Der Kohlenstoff des Roheisens verbrennt wahrscheinlich nur indirect. Es bleibt indessen, wie bereits oben ausgeführt wurde, für den Heizeffect gleichgültig, ob diese Annahme richtig ist, oder ob aller Kohlenstoff oder ein Theil desselben durch den Sauerstoff der Luft direct verbrannt wird, wenn nur in beiden Fällen die Bildung einer gleichen Oxydationsstufe des Kohlenstoffs vorausgesetzt wird. Da nämlich die Oxydation des Eisens gerade soviel Wärme erzeugt, als die Reduction durch den Kohlenstoff verbraucht, so kommt nur die Wärmemenge zur Geltung, welche der Kohlenstoff bei seiner Verbindung mit Sauerstoff hervorruft.

Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbrennend erzeugt 2473 Wärmeeinheiten [1]), die Gewichtseinheit hierzu verwendeten Sauerstoffs also 1854·75 Wärmeeinheiten. Würde der Kohlenstoff sofort zu Kohlensäure verbrennen, so würden durch die Gewichtseinheit desselben 8080 Wärmeeinheiten erzeugt, oder pro Gewichtseinheit Sauerstoff 3030 Wärmeeinheiten.

Es ist nun zwar gleichgültig, ob Kohlenstoff zuerst zu Kohlenoxyd und dieses zu Kohlensäure, oder ob Kohlenstoff sofort zu Kohlensäure verbrennt, denn 1 Gewichtstheil Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennend giebt 8080 Wärmeeinheiten, 1 Gewichtstheil Kohlenstoff zu 2·33 Gewichtstheilen Kohlenoxyd verbrennend 2473 Wärmeeinheiten; da ferner 1 Gewichtstheil Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrennend 2403 Wärmeeinheiten erzeugt, so werden aus 2·33 Gewichtseinheiten 5607 Wärmeeinheiten producirt, also zusammen 2473 + 5607 = 8080 Wärmeeinheiten; aber es entsteht ein nicht unwesentlicher Unterschied in Bezug auf die Uebertragung der Wärme an das flüssige Eisen, je nachdem entweder sofort bei der Oxydation Kohlensäure erzeugt, oder das Kohlenoxyd erst nach dem Verlassen des Eisenbades, ja erst nach dem Austritt aus der Birnenmündung, wo es gar keinen Einfluss auf die Temperatur des geschmolzenen Metalls ausübt, verbrannt wird.

Die latente Vergasungswärme des Kohlenstoffs, gleichgültig ob derselbe in Kohlenoxyd oder Kohlensäure verwandelt wird, beträgt 3134 Wärmeeinheiten [2]).

Bei der Oxydation des Kohlenstoffs durch die Luft zu Kohlenoxyd werden pro Gewichtseinheit Kohlenstoff 2·24 Gewichtstheile Stickstoff,

---

[1]) Vergl. Abthl. II, S. 186 und 671. — [2]) Vergl. Abthl. II, S. 672. Bei der Reduction von Kohlensäure zu Kohlenoxyd gehen auf 1 Gewichtstheil Kohlenstoff in derselben 5607 Wärmeeinheiten verloren, durch die Oxydation des dabei aufgenommenen Kohlenstoffs ($CO_2 + C = 2\,CO$) werden 2473 Wärmeeinheiten erzeugt, mithin werden 3134 Wärmeeinheiten latent.

bei der Oxydation zu Kohlensäure 4·48 Gewichtstheile Stickstoff eingeführt.

Die specifische Wärme des Kohlenoxyds ist von Bunsen zu 0·248, von Regnault zu 0·226 bestimmt.

Die specifische Wärme des Stickstoffs ist 0·244.

Die eingeführte Luft ist immer feucht. Durch die Zersetzung des Wasserdampfes wird Wärme gebunden [1]. 9 Gewichtstheile Wasser verlangen zu ihrer Zerlegung in 1 Gewichtstheil Wasserstoff und 8 Gewichtstheile Sauerstoff = 34 462 Wärmeeinheiten. Der frei gewordene Sauerstoff trägt zur Oxydation bei, erzeugt also eine entsprechende Wärmemenge wie der durch ihn ersetzte Sauerstoff der atmosphärischen Luft. Nach Gruner kann man im Durchschnitt 97·68 Proc. Sauerstoff von der trocknen Luft stammend annehmen [2].

Silicium entwickelt beim Verbrennen zu Kieselsäure pro Gewichtseinheit [3] 7830 Wärmeeinheiten. Jeder Gewichtstheil Silicium verbraucht 1·143 Gewichtstheile Sauerstoff, mithin werden für jeden Gewichtstheil Sauerstoff 6862 Wärmeeinheiten erzeugt. Der Sauerstoff führt bei Benutzung trockener atmosphärischer Luft 3·826 Gewichtstheile Stickstoff mit.

Es verbinden sich unter der Voraussetzung, dass ein Singulosilicat entsteht, mit je 1 Gewichtstheil Silicium 4 Gewichtstheile Eisen und 2·286 Gewichtstheile Sauerstoff zu 7·286 Gewichtstheilen Schlacke.

Die specifische Wärme der Schlacke ist noch nicht genau ermittelt, jedenfalls höher als die des Roheisens und zu 0·33 bei Temperaturen über 1200° anzunehmen. Die latente Wärme ist geringer als die des Roheisens und kann zu 50 Wärmeeinheiten veranschlagt werden [4].

---

[1] Vergl. Abthl. II, S. 88. — [2] Revue Universelle 1872, p. 421, und Studier rörande Masugnar af L. Gruner, ofversätt af L. Rinmann, p. 155. Vergl. übrigens auch Abthl. II, S. 77 u. f. über den Feuchtigkeitsgehalt der atmosphärischen Luft. — [3] Nach Troost und Hautefeuille. — [4] Gruner, Analytische Studien über den Hochofen, deutsch von Steffen, stellt über die Wärme von Eisen und Schlacke folgende Resultate zusammen:

Totalwärme des wiedergeschmolzenen Giessereiroheisens		
nach Minary und Résal	255	Wärmeeinh.
„ Rinmann	252 bis 261	„
„ Gillot	265	„
Totalwärme des wiedergeschmolzenen		
Bessemerroheisens nach Gruner	258	„
grauen Clevelandeisens „ „	260	„
Spiegeleisens von Steiermark „ „	265	„
weissen Roheisens „ „	273	„
Latente Wärme des wiedergeschmolzenen		
Roheisens nach Rinmann	46	„
grauen Roheisens „ Gruner	23	„
weissen „ „ „	34	„

Kennt man nun entweder die bei dem Processe durch den Sauerstoff verbrennenden Gewichtseinheiten (Kg) von Eisen und Mangan, Silicium und Kohlenstoff, oder die Menge des verbrauchten Sauerstoffs und dessen Vertheilung auf die anderen Stoffe, so kann man nach den vorhergehenden Zahlen die Gesammtmenge der erzeugten Wärme berechnen.

Es werden z. B. von 1000 Kg Roheisen, welches 2 Proc. Silicium, 4 Proc. Kohlenstoff enthält und manganfrei ist, entwickelt:

von 20 Kg Silicium	156 600	Wärmeeinheiten,
„ 80 „ Eisen	102 960	„
„ 40 „ Kohlenstoff . .	98 920	„
Zusammen . .	358 480	Wärmeeinheiten.

Zuvörderst ist hieraus ersichtlich, dass durch die Verbrennung des Siliciums bei weitem die grösste Wärmemenge erzeugt wird, selbst wenn dessen procentale Menge weit geringer als die des Kohlenstoffs ist. Diese Wärmemenge wächst durch die beständig hierbei gleichzeitig verbrauchte Eisenmenge beinahe um 66 Procent. Sodann ergiebt sich, dass es — abgesehen von dem Eisenverluste — für die Wärmeentwickelung nachtheilig ist, die Bildung eines Singulosilicats zu verhindern, was geschieht, wenn fertig gebildete Kieselsäure aus dem Futtermaterial zur Schlackenbildung verwendet wird.

Die erzeugte Wärme kommt nicht in ihrer ganzen Menge in dem erzeugten Eisen zum Ausdruck, sondern vertheilt sich nach Verhältniss der specifischen Wärme auf das Roheisen und die Schlacke, sowie auf den mit dem Sauerstoff eingeführten Stickstoff und die erzeugten gasförmigen Verbrennungsproducte.

Totalwärme des Hochofeneisens	nach Rinmann	270 bis 311	Wärmeeinh.
„ (Puddeleisen)	nach Boulanger und Dulait	309	„
„ (Giessereiroheisen)	„ „ „ „	337	„
„ (Holzkohleneisen)	nach Gillot	337	„
„ (Graues Bessemerroheisen)	nach Gruner . . .	280	„
„ (Weisses Puddelroheisen)	„ „ . . .	258	„
Eisenhaltige Schlacke vom Kupolofen	nach Minary und Résal . .	336	„
Hochofenschlacke			
	nach Rinmann	430 bis 441	„
	„ Gillot	370 bis 380	„
(von weissem Puddelroheisen)	nach Dulait und Boulanger . .	433	„
(von Giessereiroheisen)	nach Dulait und Boulanger . .	492	„
(graues Koksroheisen No. 3)	Vathaire . .	550	„
Die latente Wärme der			
Hochofenschlacke	nach Rinmann	120	„
„	„ Gruner	50	„
Flussstahlschlacke	„ „	46	„

Roheisen und Schlacke vertheilen zwar die Wärme, halten sie aber zurück, während die Gase sie dem Processe entziehen.

Nach Rinmann [1]) ist die specifische Wärme des Roheisens zwischen 0 und 200° = 0·13, zwischen 0 und der Schmelzwärme von 1200° = 0·16, im flüssigen Zustande 0·21. Bezieht man die Berechnung auf eine Roheiseneinheit von 1000 Kg, nimmt man die Anfangstemperatur des Roheisens in der Bessemerbirne zu 1400° und mit Rinmann die latente (Schmelz-) Wärme desselben zu 46 Wärmeeinheiten an, so enthalten die 1000 Kg bis zur Schmelzung 1000 (1200 × 0·16), nach der Schmelzung 1000 × 46 latente Wärmeeinheiten und 1000 × (1400 — 1200) × 0·21 specifische Wärmeeinheiten, zusammen 1000 (1200 × 0·16 + 46 + 200 × 0·21) = 280 000 Wärmeeinheiten. Es gehen ab: 80 Kg Eisen, 20 Kg Silicium, 40 Kg Kohlenstoff, zusammen 140 Kg, es verbleiben dem Eisenbade daher schliesslich noch 1000.140 (280) = 240 800 Wärmeeinheiten.

Silicium und Eisen bilden 145·72 Kg Schlacke unter Erzeugung von 102 960 + 156 600 = 259 560 Wärmeeinheiten.

Hiernach enthält die Schlacke, welche eine Wärmemenge von 280 000 — 240 800 = 39 200 Wärmeeinheiten mitbringt, zusammen 298 760 Wärmeeinheiten. Das Eisen- und Schlackenbad im Ganzen also 539 560 Wärmeeinheiten.

Der Kohlenstoff (40 Kg) entwickelt 98 920 Wärmeeinheiten. Die aus der Birne strömenden Gase enthalten unter der Voraussetzung, dass keine unzersetzte atmosphärische Luft durch das Bad geht und die Luft trocken ist, 93·33 Kg Kohlenoxyd neben $(2 \times 22{\cdot}86) + 53{\cdot}33 \frac{77}{23} =$ 331·6 Kg Stickstoff [2]).

Watt fand, dass die Temperatur der Bessemerflamme beim Beginn des Processes unterhalb der Goldschmelzhitze (1300° C.) liege, beim Erscheinen der Natriumlinie darüber hinausgehe, niemals aber den Schmelzpunkt des Platins (2000°) erreiche. Man darf die Temperatur der entweichenden Gase daher im Durchschnitt auf circa 1400° C. annehmen. Es gehen daher, wenn die specifische Wärme des Kohlenoxydes bei constantem Drucke = 0·248, die des Stickstoffs = 0·244 ist, nach der Formel $P = \frac{Tm\,CS\,^{3)}}{C} = 1 \times 1400\,(0{\cdot}22 \times 0{\cdot}248 + 0{\cdot}78 \times 0{\cdot}244) = 342{\cdot}8$ Wärmeeinheiten mit je 0·22 Kg Kohlenoxyd verloren, mithin durch 93·33 Kg 145 422 Wärmeeinheiten; es werden also 145 422 — 98 920

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1874, S. 76, Åkerman-Tunner, Studien S. 15 u. a. a. O. — [2]) In feuchter Luft würden im Durchschnitt nur 99·05 × 0·9768 = 96·75 Kg mit 322·2 Kg Stickstoff vorhanden sein, während der Rest von 2·30 Kg Sauerstoff aus den 2·59 Kg Feuchtigkeit herstammen müsste. — [3]) Worin C = 1. Vergl. S. 435.

= 46 502 Wärmeeinheiten mehr entzogen als gewonnen und diese gehen daher dem Process verloren.

Das Eisen- und Schlackenbad behält daher nur noch 539 560 — 46 502 = 493 058 Wärmeeinheiten oder es hat eine Wärmezunahme von 493 058 — 280 000 = 213 058 Wärmeeinheiten erfahren. Diese vertheilen sich auf Roheisen und Schlacke im Verhältniss von 860 × 0·21 : 145·72 × 0·33 = 180·6 : 48·09, es kommen mithin dem Roheisen zu gute 168 473 Wärmeeinheiten. Diese geben eine Temperaturerhöhung von $\frac{168\,473}{210}$ [1] = 802° C.

Rinmann [2]) kommt auf etwas andere Weise zu einem wenig verschiedenen Resultate:

1. Wärmevorrath und Quellen:

1000 Kg Roheisen zu 310 Wärmeeinheiten [3])	310 000	Wärmeeinh.
20 „ Silicium verbrennend mit 7830 Wärmeeinheiten	156 600	„
80 „ Eisen „ „ 1287 „ . .	102 960	„
40 „ Kohle „ „ 2473 „ . .	98 920	„
Zusammen	668 480	Wärmeeinh.

2. Wärmeverbrauch:

860	Kg Stahl	zu 310	Wärmeeinheiten	266 600	Wärmeeinh.
145·72	„ Schlacke	„ 450	„	65 573	„
322·2	„ Stickstoff [4])	„ 1400 × 0·244	„	110 055	„
93·3	„ Kohlenoxyd	„ 1400 × 0·226 [5])	„	29 520	„
0·29	„ Wasserstoff	„ 1400 × 3·4	„	1 380	„
2·59	„ Wasser wurden zerlegt mit 3222		„	8 345	„
			Zusammen	481 473	Wärmeeinh.
			Differenz	187 007	Wärmeeinh.

oder $\frac{187\,007}{210} = 890^0$ C. [6]).

Es ist bei diesen Berechnungen in beiden Fällen angenommen, dass erstens keine Wärmeverluste durch Strahlung und Leitung eintreten, was keineswegs zutrifft, wenn auch die Anfangstemperatur der Birne sich nicht wesentlich von der Endtemperatur unterscheiden mag, und dass die Luft mit 0° C. einströmt, dass ferner von Anfang an aller Sauerstoff absorbirt und am Schlusse des Processes keine Kohlensäure entwickelt wird, was ebenfalls nicht richtig ist.

Die Temperaturerhöhung genügt in der Praxis, um das ganz entkohlte Endproduct flüssig zu erhalten, woraus unter der Voraussetzung, dass die Grundlagen der Rechnung wenigstens annähernd richtig seien,

---

[1]) Specifische Wärme des flüssigen Roheisens = 0·21. — [2]) Nach handschriftlichen Mittheilungen, d. d. Nora, Februar 1875. — [3]) Gruner (Studier rörande Masugnar af L. Rinmann, p. 233) fand 308 Wärmeeinheiten im Bessemerstahle, Rinmann 310 Wärmeeinheiten in sehr warmem Roheisen, Gruner in der Schlacke 500, Rinmann 450 Wärmeeinheiten. — [4]) Bei feuchter Luft. — [5]) Nach Gruner. — [6]) Nach Gruner ist die specifische Wärme des Stahls = 0·207, das gäbe 927° C.

geschlossen werden muss, dass der Erstarrungspunkt des Schmiedeisens unter 2200° C. liege. Wahrscheinlicher ist unter Berücksichtigung der durch Strahlung und Leitung verloren gehenden Wärme die von Gruner[1]) angenommene Minimalzahl von 1500°.

Vorläufig noch unberechenbar ist die Mehrerzeugung an Wärme, wenn das Eisen manganhaltig ist, sobald man nicht die Verbrennungswärme des Mangans gleich der des Eisens annehmen will.

Bisher gänzlich vernachlässigt ist die Wärme, welche gebunden oder entwickelt wird beim Uebergang des Grafits in den Zustand des amorphen Kohlenstoffs, ein Vorgang, welcher bekanntlich vor Beginn der Entkohlung ganz abgeschlossen ist. Nach Gruner[2]) hält graues Roheisen etwa 10 Wärmeeinheiten weniger an latenter Wärme beim Schmelzen als weisses. Hiernach sollte also beim Uebergang des Grafits in amorphen Kohlenstoff diese Wärme verloren gehen; es scheint aber umgekehrt Wärme frei zu werden, was vielleicht dem physikalischen Vorgange bei Vernichtung der vorher bestehenden Krystallisation zuzuschreiben sein mag.

Endlich ist bei der Rechnung nicht berücksichtigt die Bildung freien Eisenoxydoxyduls, welches — wie Seite 394 erörtert — jedesmal im Bessemereisen sich vorfindet, noch ehe dasselbe entkohlt ist.

Von Jordan, Kupelwieser, Rinmann und Åkerman sind vergleichende Berechnungen über die Wärmeentwickelung bei Anwendung von Sauerstoff, atmosphärischer Luft und Wasserdampf angestellt worden[3]). Der letztere, bekannt mit den Rechnungen seiner Vorgänger, kommt zu den folgenden Schlüssen, welche wegen ihrer Uebersichtlichkeit hier noch mitgetheilt werden sollen.

Er geht von schwedischen Verhältnissen aus, nimmt an, dass das Roheisen bei 1200° schmelze, dass seine latente Wärme dann 46 Wärmeeinheiten betrage (nach Gruner ist sie für weisses Eisen 32 bis 34, für graues nur 23 Wärmeeinheiten), dass die specifische Wärme (nach Rinmann) zwischen 0 und 200° = 0·13, zwischen 0 und 1200° = 0·26 und im flüssigen Zustande = 0·21 sei, und wählt als Anfangstemperatur, wie in der obigen Rechnung, 1400°.

Hiernach enthält jede Tonne Roheisen:

$$1000\,(1200 \, . \, 0{\cdot}16 + 46 + 200 \, . \, 0{\cdot}21) = 280\,000 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Zum Aendern dieser Temperatur um je 1° C. gehören also 210 Wärmeeinheiten. Die Temperatur der Gase wird auf 1400° C. veranschlagt und es wird endlich angenommen, dass die Birnenwände unschmelzbar und für die Badwärme undurchdringlich seien.

---

[1]) Vergl. Berg- und Hüttenm. Zeitung 1874, S. 115. — [2]) Annales de Mines 1873, p. 224. — [3]) Vergl. ausser den oben citirten Schriften Berg- und Hüttenm. Zeitung 1871, S. 71 und 1874, S. 76.

Verbrennung des Eisens.

1. **Mit Sauerstoff.** — Zum Verbrennen von 10 Kg oder 1 Proc. Eisen braucht man $\frac{8}{2 \cdot 8} = 2 \cdot 857$ Kg Sauerstoff und das Product wird 12·857 Kg Eisenoxydul, mit $2 \cdot 857 \times 4205 = 12013$ Wärmeeinheiten. Das Oxydul vermindert das Metall und besitzt eine viel höhere specifische Wärme wie metallisches Eisen (0·17 statt 0·11). Die Badwärme wird also vermindert um $(12 \cdot 857 . 0 \cdot 17 - 10 . 0 \cdot 11)\ 1400 = 1520$ Wärmeeinheiten.

Das Metallbad gewinnt mithin durch Verbrennung von 1 Proc. Eisen mit Sauerstoff auf die Tonne Roheisen

$$12013 - 1520 = 10493 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

2. **Mit atmosphärischer Luft.** — Obige 2·857 Kg Sauerstoff werden in der Luft von $\frac{2 \cdot 857 . 77}{22} = 9 \cdot 57$ Kg Stickstoff begleitet. Nach dem Vorhergehenden werden pro Tonne Roheisen circa 10493 Wärmeeinheiten erzeugt; der Stickstoff entzieht dem Eisenbade $9 \cdot 57 . 0 \cdot 244 . 1400 = 3269$ Wärmeeinheiten und es bleiben daher $10493 - 3269 = 7224$ [1]) Wärmeeinheiten, welche auf jedes oxydirte Procent Eisen pro Tonne Roheisen die Badtemperatur erhöhen.

3. **Mit Wasserdampf.** — Zum Verbrennen von 10 Kg Eisen braucht man $\frac{2 \cdot 857 \times 9}{8} = 3 \cdot 214$ Kg Wasserdampf, enthaltend 0·357 Kg Wasserstoff. Besitzt der Dampf 100° [2]), so erhöht sich die Wärme um $3 \cdot 214 . 0 \cdot 475 . 100 = 153$ Wärmeeinheiten, so dass die durch Verbrennung von 1 Proc. Eisen pro Tonne Roheisen erzeugte Wärme $10493 + 153 = 10646$ Wärmeeinheiten ist. Dagegen beansprucht die Dampfzerlegung $0 \cdot 357 . 29638 = 10581$ Wärmeeinheiten; ferner werden, wenn der Wasserstoff frei bei 1400° Wärme entweicht und wenn seine specifische Wärme 3·40 ist, dem Bade entzogen $0 \cdot 357 . 3 \cdot 4 . 1400 = 1699$ Wärmeeinheiten; zusammen werden also $10581 + 1699 = 12280$ Wärmeeinheiten verbraucht. Hiernach ist die Temperaturabnahme durch Verbrennung von 1 Procent Eisen auf die Tonne Roheisen $12280 - 10646 = 1634$ Wärmeeinheiten.

In Wirklichkeit ist diese Abnahme nicht so gross; der Wasserstoff entzieht dem Metall keine der Temperatur von 1400° entsprechende Wärmemenge, auch ist seine specifische Wärme nicht 3·40, welche Zahl die specifische Wärme bei constantem Druck bezeichnet, während sie bei

[1]) Im Original irriger Weise 7244. — [2]) Hierbei ist die latente Wärme vernachlässigt, welche vor der Einführung des Dampfes zur Erzeugung desselben aus Wasser verbraucht wurde.

constantem Volum nur 0·236 ist; die wirkliche Grösse liegt zwischen beiden. Åkerman erhält bei 0·236 specifischer Wärme 10 648 Wärmeeinheiten, die zur Wasserzerlegung nöthig sind, was fast genau mit der gewonnenen Wärme von 10 646 Wärmeeinheiten stimmt. Immerhin aber findet Abnahme, nicht Zunahme der Wärme statt.

Verbrennung des Kohlenstoffs.

1. Mit Sauerstoff. — Um 10 Kg oder 1 Proc. des in 1000 Kg Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs in Oxyd zu verwandeln, braucht man $\frac{10 \times 8}{6} = 13·33$ Kg Sauerstoff. Es steht fest, dass die Wärmemenge, welche durch die Verbrennung des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs erzeugt wird, gleich ist demjenigen Quantum, welches durch Verbrennung des Kohlenstoffs zum Oxydzustande gewonnen wird. Durch diese Verbrennung gewinnt man 23·33 Kg Kohlenoxyd mit 24 730 Wärmeeinheiten.

Besitzt das entweichende Kohlenoxyd 1400⁰ Wärme, so entzieht es dem Bade 23·333 . 0·2479 . 1400 = 8092 Wärmeeinheiten. Da die 10 Kg aber schon 1400⁰ warm waren, so sind dann abzuziehen 10 . 0·241 . 1400 = 3374 Wärmeeinheiten. Es werden also dem Bade entnommen 8092 — 3374 = 4718 Wärmeeinheiten, während in ihm 24 730 — 4718 = 20 012 Wärmeeinheiten verbleiben bei Verbrennung von je 1 Proc. Kohlenstoff mit reinem Sauerstoff in 1000 Kg Roheisen.

2. Mit atmosphärischer Luft. — Die oben ermittelten 13·33 Kg Sauerstoff besitzen in der Luft $\frac{13·33 \times 77}{23} = 44·66$ Kg Stickstoff. Die Wärme erhöht sich wie vorher um 24 730 Wärmeeinheiten, wogegen 4718 Wärmeeinheiten durch das Kohlenoxyd entzogen und 44·66 . 0·244 . 1400 = 15 260 Wärmeeinheiten durch den Stickstoff absorbirt werden, so dass dem Bade pro Tonne 24 730 — (4718 + 15 260) = 4752 Wärmeeinheiten verbleiben auf jedes Procent Kohlenstoff, welcher durch atmosphärische Luft oxydirt wird.

3. Mit Wasserdampf. — Die erforderlichen 13·33 Kg Sauerstoff bedürfen zu ihrer Erzeugung 15 Kg Wasserdampf, der wiederum 1·667 Kg Wasserstoff besitzt. Um diesen Dampf zu zerlegen braucht man 1·667 . 29 638 = 49 407 Wärmeeinheiten. Tritt der Wasserstoff mit 100⁰ ein und mit 1400⁰ aus, so nimmt er dem Bade 1·667 . 3·4 . 1300 = 7367 Wärmeeinheiten und der ganze Wärmeaufwand ist 49 407 + 7367 = 56 774 Wärmeeinheiten. Dagegen erhebt sich die Wärme wiederum um 24 730 — 4718 = 20 012 Wärmeeinheiten, wozu noch die durch den Sauerstoff eingeführte Wärme von 13·33 . 5·218 . 100 = 290 Wärmeeinheiten kommt, so dass die erzeugte Gesammtwärme 20 012 + 290 = 20 302 Wärmeeinheiten beträgt.

Die dem Bade durch jedes Procent Kohlenstoff, welcher durch Wasserdampf oxydirt wird, entzogene Wärme ist pro Tonne Roheisen sonach 56 774 — 20 302 = 36 472 Wärmeeinheiten.

Durch Einführung der specifischen Wärme bei constantem Volum, 0·236 für Wasserstoff, 0·2399 für Kohlenoxyd und 0·237 für Stickstoff, findet Åkerman wiederum eine geringe Temperaturerhöhung des Bades um 5440 Wärmeeinheiten anstatt einer Abkühlung.

Verbrennung des Siliciums.

1. **Mit Sauerstoff.** — Zum Verbrennen von 10 Kg Silicium sind nöthig $\frac{10 \times 24}{21} \times 11{\cdot}429$ Kg Sauerstoff. Ist der calorische Effect des Siliciums 7830, so erhält man 78 300 Wärmeeinheiten. Diese dienen theilweise zur Erwärmung der reinen Kieselsäure auf Badtemperatur; um diese Menge zu bestimmen, muss man den Unterschied der specifischen Wärme des Siliciums und der reinen Kieselsäure kennen; da dieser unbekannt ist, muss man sich damit begnügen, diese Wärme gleich der zu setzen, welche nöthig ist, um den Sauerstoff des Gebläsewindes auf 1400° zu erwärmen: 11·429 . 0·218 . 1400 = 3448 Wärmeeinheiten. Hiernach bleibt für 1000 Kg Roheisen zur Baderwärmung die grosse Menge von 78 300 — 3488 = 74 812 Wärmeeinheiten auf jedes durch reinen Sauerstoff oxydirte Procent Silicium.

2. **Mit atmosphärischer Luft.** — Vorstehende 11·429 Kg Sauerstoff enthalten in der Luft 38·261 Kg Stickstoff, welche dem Bade 38·261 . 0·244 . 1400 = 13 070 Wärmeeinheiten entziehen, hierbei hat man aber wiederum 74812 Wärmeeinheiten erzeugt, folglich ist die Wärmezunahme in diesem Fall

74 812 — 13 070 = 61 742 Wärmeeinheiten.

3. **Mit Wasserdampf.** — Zu obigen 74 812 Wärmeeinheiten ist die durch den Sauerstoff bei 100° zugeführte Wärme von 11·429 . 0·218 . 100 = 249 Wärmeeinheiten hinzuzunehmen.

Im Ganzen werden also 74 812 + 249 = 75 061 Wärmeeinheiten erzeugt. Der nöthige Sauerstoff wird durch Zerlegung von 12·858 Kg Wasserdampf erhalten, welcher 1·429 Kg Wasserstoff enthält; hierzu sind nöthig 1·429 × 29 638 = 42 353 Wärmeeinheiten; der Wasserstoff entzieht beim Verlassen des Bades ferner 1·429 × 3·40 × 1300 = 6316 Wärmeeinheiten, so dass 42 353 + 6316 = 48 669 Wärmeeinheiten verloren gehen. Folglich bleiben zur Baderwärmung pro 1000 Kg Roheisen 75 061 — 48 669 = 26 392 Wärmeeinheiten. Setzt man für den Wasserstoff selbst die specifische Wärme bei constantem Druck ein, so hat man

hier doch eine Temperaturzunahme, die weder beim Eisen noch beim Kohlenstoff durch Verbrennung mit Wasserdampf erfolgt [1]).

Hiernach stellt Åkermann folgende Tabelle auf:

Die Oxydation von 10 Kg	Eisen		Kohlenstoff		Silicium	
verlangt:						
Atmosphärische Luft . . . . Kg	12·420	—	57·990	—	46·69	—
enthaltend . . { Sauerstoff „	2·85	—	13·33	—	11·43	—
{ Stickstoff „	9·57	—	44·66	—	38·26	—
Erzeugte Wärmeeinheiten . . „	—	12 013	—	24 730	—	78 300
Entzogene Wärme in Wärmeeinheiten . . . . „						
a. durch Kohlenoxyd . . . „	—	—	4 718	—	—	—
b. durch Schlacke . . . . „	1 520	—	—	—	—	—
c. durch Stickstoff . . . . „	3 269	—	15 260	—	13 070	—
d. durch reine Kieselsäure „	—	—	—	—	3 488	—
Summe	4 789	12 013	19 978	24 730	16 558	78 300
Bleibt Rest pro 1000 Kg Roheisen und 1 Proc. der Stoffe . . Kg	—	7 224	—	4 752	—	61 742

Wird diese Berechnung dem oben durchgeführten Beispiele bei gleicher Zusammensetzung des Roheisens zugrunde gelegt, so erhält man eine Wärmezunahme des Bades um:

für 2 Proc. Silicium . .	2 × 61 742	= 123 484	Wärmeeinh.
„ 4 „ Kohlenstoff .	4 × 4 752	= 19 008	„
„ 8 „ Eisen . . .	8 × 7 224	= 57 792	„
	Zusammen	= 200 284	Wärmeeinh.

oder eine Temperaturerhöhung von 953° C.

[1]) Das beweist nach Åkerman den Vortheil der Dampfanwendung beim Feinen für sich und beim Beginn des Puddelns, jedoch vernachlässigte Åkerman auch hier die latente Wärme des Wasserdampfes, oder die zu seiner Erzeugung nöthige Wärmemenge, unter deren Zurechnung sich um so mehr ein Wärmeverlust zeigt, als schon durch die mit der Siliciumoxydation unvermeidlich Hand in Hand gehende Eisenoxydation ein directer Verlust von 1654 × 8 = 15 072 Wärmeeinheiten entsteht, wonach nur noch 11 320 Wärmeeinheiten zur Baderwärmung übrig bleiben. Zur Dampferzeugung für den Sauerstoff der Siliciumoxydation werden verbraucht unter Voraussetzung von 0° kaltem Wasser 8229, zur Dampferzeugung für den Sauerstoff der Eisenoxydation 16 055 Wärmeeinheiten, im Ganzen also 24 284, es gehen mithin stets 12 964 Wärmeeinheiten verloren. So kann also auch die Benutzung des Wasserdampfes für das Feinen nicht gerechtfertigt werden.

Diese mit den früheren Berechnungen im wesentlichen ziemlich übereinstimmende Temperaturerhöhung wird von Vielen für weit über die Wirklichkeit liegend gehalten, wenn man indessen bedenkt, dass Kupelwieser zu Heft in Kärnthen im Bessemerbade Platin schmelzen konnte, erscheint die Temperatur von 1400 + (800 bis 1000)° nicht zu hoch.

Trotzdem hat man — wie oben erörtert wurde — vielfach versucht, die Temperatur noch weiter künstlich zu steigern.

Eine höhere Pressung der Gase in der Birne würde einen günstigen Einfluss auf die specifische Wärme, folglich auch die Wärmeerhöhung im Ganzen herbeiführen, die praktischen Schwierigkeiten sind indessen für eine zweckmässige Einrichtung zu gross, wie Seite 346 erörtert wurde.

Hinsichtlich der Verwendung von Kohlenstaub kommt man durch Rechnung zu denselben Resultaten, welche früher (S. 374) aus praktischen Gründen gefunden worden waren. Eine Wärmevermehrung findet statt, aber die Mehrbenutzung von Kohle im Kupolofen, oder selbst im Hochofen ist ökonomischer, um so mehr, als 3 bis 5 p. C. des eingeblasenen Kohlenstaubes unzersetzt durch das Bad gehen und erst im Halse der Birne verbrennen, wie Kupelwieser nachgewiesen hat.

Åkerman berechnet das erreichbare Resultat richtig wie folgt:

10 Kg im Bessemerofen durch atmosphärische Luft verbrannter Kohlenstoff erhöhen die Wärme um 4752 Wärmeeinheiten; der eingeblasene Holzkohlenstaub besitzt aber nicht dieselbe Wärme wie der Kohlenstoff des Roheisens, er muss zunächst auf die Badtemperatur erwärmt werden und benöthigt dazu $10 . 0{\cdot}241 . 1400 = 3360$ Wärmeeinheiten, wodurch jene 4752 auf nur 1392 Wärmeeinheiten sinken, die 1 Tonne Roheisen nur um wenige Grade (6°) erhöhen.

Will man durch Kohlenstaub die Wärme von 0·5 Proc. Silicium ersetzen, so hat man, da 0·5 Proc. Silicium die Badwärme um $61\,742 . 0{\cdot}5 = 30\,871$ Wärmeeinheiten erhöhen, $\frac{30\,871}{1392} = 22{\cdot}2$ Kg reinen Kohlenstoff pro 1000 Kg Roheisen hinzuzusetzen.

Das zweite Mittel zur künstlichen Wärmevermehrung ist der erhitzte Wind. Auch hierfür berechnet Åkerman[1]) den möglichen Wärmegewinn unter der Voraussetzung, dass die specifische Wärme des Sauerstoffs = 0·2182 sei, wie folgt:

[1]) Wie schon Jordan und Kupelwieser vor ihm gethan.

Temperatur des Windes	Für je 10 Kg		
	Eisen	Kohlenstoff	Silicium
0°	7224	4 752	61 742
100°	7520	6 133	62 925
200°	7816	7 514	64 100
300°	8112	8 895	65 291
400°	8408	10 276	66 474
500°	8704	11 657	67 657
600°	9000	13 038	68 840

Åkerman kommt zu dem durch die Erfahrung bestätigten Schlusse, dass allerdings mit warmem Winde ein weniger graues Eisen verarbeitet werden könne, als mit kaltem, dass z. B. bei 500° 0·35 Proc. Silicium im Roheisen dieselbe Wärme erzeuge, wie bei kaltem Winde 1 Proc. Silicium.

Die praktischen Schwierigkeiten, welche S. 374 geschildert sind, führen auch ohne diese Berechnung zu dem Schlusse, dass es zweckmässiger sein müsse, den Wind für den Hochofenbetrieb hinreichend zu erhitzen, um ein siliciumhaltiges Roheisen zu erhalten, als erhitzten Wind für den Bessemerprocess anzuwenden.

Der Vortheil reinen Sauerstoffs statt atmosphärischer Luft, wenn derselbe billig genug hergestellt werden könnte, der Nachtheil von Wasserdampf, gleichgültig ob derselbe als solcher eingeführt, oder aus Sauerstoff und Wasserstoff erzeugt werden soll, ist aus obigen Berechnungen hinreichend ersichtlich.

Zuschläge beim Bessemern.

Der unglückliche Umstand, dass sich beim Bessemern Phosphor gar nicht, Schwefel nur in sehr geringer Menge abscheiden lässt, hat zu zahlreichen Vorschlägen von Verbesserungen in dieser Richtung geführt. Im Gegensatz zu den Zuschlägen, welche beim Puddelprocesse zu gleichem Zwecke gewöhnlich im festen Zustande angewendet wurden, hat man beim Bessemern meist die leichter benutzbare Gasform gewählt, oder wenn feste Körper verwendet werden sollten, diese in Pulverform mit den Windströmen eingeführt.

Gase.

Sauerstoff. Die Erfindungen im Gebiete der Sauerstoffdarstellung, welche namentlich von Tessié du Motay ausgingen, führten bald zu der angeblich auch auf einzelnen Werken mit Erfolg ausgeführten Anwendung von reinem Sauerstoffgase oder einem Gemenge von atmosphärischer Luft mit Sauerstoffgas.

Dass Sauerstoffgas energischer als atmosphärische Luft wirken muss, liegt ausser jedem Zweifel und ist auch durch die Rechnungen des vorhergehenden Kapitels ziffermässig bewiesen. Da durch Stickstoff keine Wärme absorbirt und in dem Gichtgasstrome nutzlos fortgeführt wird, muss auch die Temperatur während des Blasens höher steigen, wenn dieselben chemischen Reactionen in gleicher Zeit vollendet werden. Es kann aber die zur Ausführung derselben chemischen Reactionen erforderliche Zeit in Folge dieser Steigerung der Temperatur abgekürzt werden.

Sehr unwahrscheinlich bleibt vorerst trotzdem die ökonomische Anwendbarkeit des Sauerstoffs. Selbst unter der Voraussetzung einer verhältnissmässig billigen Erzeugung stellen sich schon der Aufbewahrung hinreichender Mengen dieses Gases fast unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg, welche nicht geringer werden, wenn es sich darum handelt, das Gas in Gebläsemaschinen einzuführen und dort zusammenzupressen. Der Zeitgewinn an dem Processe kann mit Rücksicht darauf, dass die Zwischenarbeiten gleich bleiben, ja Reparaturen häufiger nothwendig sein werden, kaum in Betracht kommen.

Immerhin ist es wünschenswerth, dass die Hüttenleute die Möglichkeit, reines Sauerstoffgas an Stelle der atmosphärischen Luft anzuwenden, nicht aus dem Auge verlieren.

Die bei noch gesteigerter Temperatur zweifelhafte Haltbarkeit eines gewöhnlichen Birnenfutters liesse sich in jedem Falle durch Kühlung der Wandungen erreichen.

Eine andere, aber bisher noch völlig ungelöste Frage entsteht dadurch, dass man die Temperaturen nicht kennt, bei welchen eine Dissociation der Oxyde von Eisen, Mangan, Silicium und Kohlenstoff eintreten muss oder, was gleichbedeutend ist, bei welchen der Sauerstoff der Luft nicht mehr oxydirend auf diese Stoffe einwirkt. Der in den bereits sauerstoffhaltigen Producten des Bessemerprocesses hartnäckig verbleibende Kohlenstoffrest lässt vielleicht darauf schliessen, dass wir schon jetzt nicht allzufern von der Grenze sind, bei welcher eine Oxydation des Kohlenstoffs nicht mehr möglich ist.

Kohlenoxyd. Dass Kohlenoxyd durch siliciumhaltiges Eisen geleitet das Silicium zu Kieselsäure oxydiren könne, haben Troost und Hautefeuille nachgewiesen [1]). Kohlenstoff scheidet sich dabei ab und wird vom Eisen aufgenommen. Ist das Silicium oxydirt, so hört die Wirkung des Kohlenoxydes beinahe gänzlich auf. Lässt sich eine schwache Wirkung auch weiterhin noch bei geringeren Temperaturen nachweisen [2]), so scheint sie bei hohen Temperaturgraden kaum noch zu existiren und bei Gegenwart einer Garschlacke wird umgekehrt der Kohlenstoff des Eisens in Kohlenoxyd umgewandelt. Da die Entkohlung des Eisens Zweck ist, kann die Anwendung von Kohlenoxydgas keinen Nutzen haben.

Kohlensäure. Kohlensäure oxydirt metallisches Eisen zu der sehr constanten Verbindung von:

$\left.\begin{matrix} Fe_4 \\ Fe \end{matrix}\right\} O_7$ oder $4\,FeO,\ Fe_2O_3$, unter Bildung von Kohlenoxyd [3]).

Das gebildete Oxydoxydul wirkt dann weiter auf den Kohlenstoff des Eisens. Die oxydirende Wirkung der Kohlensäure ist weit schwächer als die der Luft. Zudem erfordert die Ausscheidung des einen Atoms Sauerstoff oder die Reduction der Kohlensäure zu Kohlenoxyd Wärme, welche für die Trennung des mechanischen Gemenges der Luft nicht anzuwenden ist. Hiernach ist von der Kohlensäure keine vortheilhafte Anwendung zu machen. Bennet [4]) wollte Kohlensäure nach Vollendung des Processes durch den Stahl leiten. Es sollten sich Schwefelsäure und phosphorige Säure unter Abgabe von Kohlenstoff bilden, Reactionen, welche aber nur in der Idee des Erfinders bestehen.

Kohlenwasserstoff. Bérard schlug vor, Leuchtgas abwechselnd mit atmosphärischer Luft in die Birne zu blasen [5]). Dasselbe thaten Ramsbottom und Mühlig [6]). In Hörde, wie in Leeds, wo man das Gas anzuwenden versuchte, hat man keinen Erfolg gehabt. Beim Durchblasen des Leuchtgases wird sich dasselbe zersetzen und daher der Entkohlung entgegen wirken. Auch das modificirte Verfahren, wonach Leuchtgas zur Verhütung fernerer Oxydation und Erhaltung der Wärme brennend über das in der gekippten Birne befindliche, fertige Product geführt werden sollte, gab keinerlei günstige Resultate.

Wasserstoffgas, vorgeschlagen zur Entfernung von Phosphor und Schwefel [7]). Phosphorwasserstoff bildet sich hierbei überhaupt nicht, Schwefelwasserstoff in sehr geringen und jedenfalls den Kosten der Herstellung des Wasserstoffs nicht entsprechenden Mengen. Wasserstoff und

---

[1]) Vergl. Polyt. Centralbl. 1873, S. 439. — [2]) Vergl. Abthl. I, S. 135. — [3]) Vergl. Abthl. I, S. 186. — [4]) Scientif. Americ. April 1868. — [5]) Dingl. Polyt. Journ. Bd. CC, S. 470 und Wagn. Jahresber. 1871, S. 89. — [6]) Wagn. Jahresber. 1868, S. 73 und 74. — [7]) Compt. rend. Bd. LII, p. 1008. Vergl. auch unten unter Flammofenflussstahl.

Luft zusammen (durch concentrische Formen) eingeführt geben dieselbe Wirkung wie Wasserdampf. Ihre Erzeugung ist jedenfalls kostspieliger, als die des fertigen Wasserdampfes [1]).

Wasserdampf. Die Absorption von Wärme durch die Zersetzung des Wasserdampfes ist S. 443 u. f. ausführlich erörtert. Die Abkühlung, welche hervorgerufen wird, ist so auffallend, dass — wie früher mitgetheilt ist — schon Bessemer nach seinen ersten Versuchen ganz davon Abstand nahm [2]). Die oben angegebenen Rechnungen beweisen es ziffermässig. Kupelwieser hat die Anwendung des Wasserdampfes in der ersten Periode, wo sie am wenigsten schädlich ist, zur Entfernung des Schwefels vorgeschlagen. Erfahrungen über eine solche theilweise Benutzung scheinen indessen noch nicht vorzuliegen, doch ist ein guter Erfolg kaum vorauszusehen, da die hohe Wärmeentwickelung bei Anwendung atmosphärischer Luft für einen guten Verlauf der Entkohlungsperiode kaum zu entbehren sein und sich auch nur schwer durch entsprechende Ueberhitzung des Roheisens ersetzen lassen wird. Zudem ist der Schwefel kein so schlimmer Feind des Eisenhüttenmannes, wie der Phosphor, dem sich durch Wasserdampf gar nicht beikommen lässt. Schwefel kann wie das in der Abthl. II, S. 411, 504, 589 u. a. a. O. erläutert ist, ohne allzugrosse Schwierigkeiten soweit entfernt werden, dass die Erzeugung eines hinreichend schwefelfreien Roheisens in den meisten Fällen keine unlösbare Aufgabe ist.

Chlorgas. Wintzer [3]) schlug Chlorgas hauptsächlich mit Luft gemischt vor, um Phosphor zu entfernen. Da sich kein Chlorphosphor bildet, sondern günstigsten Falls Eisenchlorid, so ist ein Erfolg von diesem kostspieligen Mittel nicht zu erwarten.

Feste Körper.

Eisenoxyde. Die Einführung von Eisenoxyden beim Bessemerprocesse analog dem Garschlackenzusatze beim Puddeln ist vielfach, aber immer ohne Erfolg versucht worden. Die Erklärung für das Misslingen ist in der geringeren Wärmeentwickelung zu suchen, welche eine Folge davon ist, dass die Oxydation des Siliciums durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft umgangen wird [4]). Aus diesem Grunde kann auch keiner der zahlreichen Vorschläge zum Ziele führen, nach welchen

[1]) Vergl. S. 446, Anm. — [2]) Vergl. S. 337, sowie Armengaud, Public. industr. XIV, wonach Galy-Cazalat schon 1858 in Frankreich Wasserdampf anwenden wollte. Siehe auch Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, S. 253. — [3]) Mech. Magaz. 1866, August, S. 202. — [4]) Preuss. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1863, S. 236.

ein Roheisen durch Mischarbeit [1]) für den Bessemerprocess vorbereitet werden soll [2]). Man hat die Eisenoxyde (Garschlacken, Hammerschlag, reine Erze) theils im gepulverten Zustande mit dem Winde eingeblasen, theils vor dem Einlassen des Roheisens in die Birne geschüttet.

Daelen [3]) hat zu Creuzot Versuche gemacht, welche so ausgeführt wurden, dass gegen Ende des Processes bei einem Einsatze von 7 Tonnen Roheisen $^1/_2$ Tonne Erz zugegeben wurde und will dabei sehr günstige ökonomische Resultate erzielt haben. Es wird nicht angegeben, ob nachträglich noch Spiegeleisen zugesetzt worden ist, was indessen wohl angenommen werden darf. Wenn derselbe hieraus aber schliesst, dass ein noch günstigeres Resultat sich erreichen lassen werde, wenn vor dem Einsatze des Roheisens ein Bad aus geschmolzenem Erze in die Birne gebracht oder in derselben erzeugt werde, so dürfte hierin ein Irrthum liegen, weil damit die Wärmeentwickelung wieder beeinträchtigt wird, während im ersten Falle eben nur so viel Wärme absorbirt zu werden braucht, als im Ueberschuss vorhanden ist. Daelen giebt ganz richtig an, dass sich der nachträgliche Zusatz von Erzen nur anwenden liess, „wofern die Charge heiss genug war." Diese Methode fällt in das Gebiet der Erzstahlerzeugung [4]).

Hinsichtlich der Reinheit der zu verwendenden Erze von Phosphor und Schwefel muss man natürlich noch viel vorsichtiger sein, als beim Puddeln; hinsichtlich des Kieselsäuregehalts gilt dasselbe wie dort [5]). Ueber das Ausfüttern der Birne mit Schlacken ist S. 347 [6]) ausführlich gesprochen. Diese Schlacken müssen hiernach zwar möglichst eisenreich, aber dabei sauerstoffarm sein, also etwa aus reinen Singulosilicatschlacken bestehen, welche durch metallisches Eisen schwerschmelzig gemacht sind.

Salpeter. Heaton schlug zur Beschleunigung des Processes und, wie er hoffte, zur besseren Abscheidung von Phosphor und Schwefel Salpeter vor [7]).

Kupelwieser hat die Berechnung der Wärmeentwickelung ausgeführt für den Fall, dass der Salpeter den Sauerstoff vollständig abgiebt.

Es würden 100 Kg Natronsalpeter 46·8 Kg Sauerstoff abzugeben im Stande sein, und somit für je 1 Kg Sauerstoff des Windes, welches durch Sauerstoff, der im Natronsalpeter enthalten ist, ersetzt werden soll, je 2·135 Kg Natronsalpeter eingeblasen werden müssen, welche aus:

1·000 Kg Sauerstoff
0·354 „ Stickstoff und
0·781 „ Natron

bestehen, während in der Luft auf je 1 Kg Sauerstoff 3·347 Kg Stickstoff enthalten sind. Man hätte somit für je 1 Kg Sauerstoff 2·993 Kg Stick-

[1]) Siehe S. 44. — [2]) Mech. Magazine 1868, März p. 186. — [3]) Zeitschr. deutscher Ingenieure 1875, S. 58. — [4]) Vergl. unter „Erzstahlerzeugung". — [5]) Vergl. S. 259. — [6]) Nach handschr. Mitth. hat Daelen jene Eisenschlackenfutter schon vor dem Verfasser vorgeschlagen und in Creuzot benutzt. — [7]) Vergl. S. 264.

stoff weniger zu erhitzen, wodurch 2·993 × 0·244 × 1400 = 1022 Wärmeeinheiten weniger verloren gehen, d. h. gewonnen würden, wenn nicht zum Erhitzen des Natronsalpeters und zum Schmelzen 941 Wärmeeinheiten erforderlich wären, wodurch der Gewinn an Wärme gegenüber der Anwendung von Luft auf 81 Wärmeeinheiten reducirt wird.

Voraussichtlich würde die Salpetersäure aber nicht, wie oben angenommen, in Sauerstoff und Stickstoff, sondern theilweise in Sauerstoff, Stickoxydul und Stickoxydgas zerlegt werden, und dadurch der an sich schon geringe Wärmegewinn noch mehr herabgezogen.

Bezüglich der grösseren Leichtflüssigkeit der durch den Salpeterzusatz Natron aufnehmenden Schlacke, wovon weiter unten die Rede sein wird, lässt sich voraussehen, dass es billigere Mittel zur Erreichung desselben Zweckes giebt.

Miller[1]) beschreibt den Heaton'schen Process folgendermaassen: Zu Langley Mill wurden am 10. Juli 1868 635 Kg Roheisen (zur Hälfte Clay Lane No. 4, zur Hälfte Stanton No. 4, producirt aus $^2/_3$ Northamptonshire Brauneisenstein, $^1/_6$ Chesterfield thonigem Eisenerz und $^1/_6$ Puddelschlacken) in einem Kupolofen sehr heiss eingeschmolzen, dann in eine Giesspfanne abgestochen und zur Birne gebracht. Die letztere war ein mit feuerfestem Thon ausgekleidetes schmiedeisernes Gefäss. Im Boden desselben befand sich eine Mischung von 84 Kg rohem Natronsalpeter, 20 Kg Quarzsand und 10 Kg an der Luft gelöschtem Kalk eingestampft; dieses Verhältniss sollte übrigens veränderlich sein je nach der Qualität des Roheisens. Zur Decke dieser Mischung diente eine 47 Kg schwere durchlöcherte Eisenplatte. Die Birne war an ihrer oberen Oeffnung mit einem Eisenblechschornstein verbunden. Etwa 20 Minuten nach dem Einguss des Roheisens begann die Wirkung; zuerst entwichen mässige Quantitäten brauner Natriumdämpfe (?), diesen folgten häufig hervorquellende schwärzliche, dann graue Dämpfe, hiernach ein weisser Rauch, hervorgebracht durch die Verflüchtigung eines Theils des Flussmittels. Nach dem Verlaufe von 5 oder 6 Minuten entstand eine intensive Verbrennung, begleitet von auffallend lautem Getöse und einer hellen Flamme, die aus der Mündung des Schornsteins aufstieg. Diese dauerte etwa $1^1/_2$ Minute und verschwand so schnell wie sie gekommen. Nachdem alles ruhig geworden war, wurde die Birne vom Schornstein getrennt und der Inhalt auf das eiserne Pflaster der Hütte ausgegossen. Der rohe Stahl war in einem breiartigen Zustande und die Schlacke flüssig; die den Natronsalpeter bedeckende durchlöcherte Platte war geschmolzen und hatte sich mit dem übrigen Metalle vereinigt. Die Schlacke hatte ein glasiges, blasiges Ansehen und die

---

[1]) Miller, Chemic. News 1869, No. 481, p. 84. Polyt. Centralb. 1868, p. 1640; Berg- und Hüttenm. Ztg. 1868, S. 430; 1869, S. 306, 315, 327. Pract. Mechan. Magazin 1868, August, p. 143.

dicken Stücke davon eine schwarze oder dunkelgrüne Farbe. Ein Barren des rohen Stahls (b.) wurde unter dem Hammer bearbeitet. Etwa 225 Kg des rohen Stahls wurden in einen leeren, aber geheizten Flammofen gebracht, woselbst die Barren nach Verlauf einer Stunde in Schweisshitze gelangten. Sie wurden zu Luppen geformt und diese dem Dampfhammer übergeben, dann ausgewalzt, wieder geheizt und zu Stäben c. ausgezogen, welche in der Dicke bis zu 15 mm schwankten. 150 bis 200 Kg des rohen Stahls wurden endlich, nachdem sie ebenfalls in einem Schweissofen erhitzt worden waren, zu flachen Platten gehämmert, im kalten Zustande zerbrochen und für die Schmelzung sortirt. Zwei feuerfeste Tiegel mit etwas reinem Sand besetzt wurden in Hitze gebracht und jeder mit 21 Kg Stahlbrocken versehen. In etwa 6 Stunden wurde das geschmolzene Metall in eiserne Formen ausgegossen. Zwei andere ähnliche Tiegel wurden jeder mit 17·5 Kg derselben Stahlbrocken, 3·5 Kg Abfall von Stabeisen und etwas Manganoxyd besetzt. Das Product wurde ebenfalls in eiserne Formen ausgegossen. Die beiden umgeschmolzenen Stahlproben wurden geschmeidiger gefunden, als das Material, aus dem sie bereitet waren. Diese Resultate sind nach der Angabe des Beobachters nur als Erfolge von Versuchen, nicht als Mittel eines wirklichen Betriebes anzusehen.

Nach Miller zeigten die Proben a., b. und c. folgende Zusammensetzung:

	a. Roheisen	b. Roher Stahl	c. In Stabform
Kohlenstoff	2·830	1·800	0·993
Silicium mit etwas Titan	2·950	0·266	0·149
Schwefel	0·113	0·018	Spuren
Phosphor	1·455	0·298	0·292
Arsen	0·041	0·039	0·024
Mangan	0·318	0·090	0·088
Calcium	—	0·319	0·310
Natrium	—	0·144	Spur
Eisen (Differenz)	92·293	97·026	98·144
	100·000	100·000	100·000

Es geht aus der Vergleichung dieser Resultate hervor, dass ein grosser Theil des Kohlenstoffs, des Siliciums und des Phosphors, sowie auch des Schwefels entfernt ist. Das ausgewalzte Product c. wurde vielen Prüfungen unterworfen. Es wurde gebogen, gehämmert und sehr stark gewellt, ohne zu zerbrechen, es wurde geschmiedet und sowohl in kirschrother als auch in heller Gelbglühhitze behandelt, ohne Brüche zu zeigen, auch liess es sich zur genüge schweissen.

In der Schlacke bestimmte Miller nur die Verhältnisse des beigemengten Sandes, des Siliciums, der Phosphor- und Schwefelsäure, sowie des Eisengehaltes. Von der fein gepulverten Schlacke waren 11·9 Proc. im Wasser löslich. Das Ergebniss der Analyse war:

Sand	47·3
Silicium in Verbindung	6·1
Phosphorsäure	6·8
Schwefelsäure	1·1
Eisen (ein grosser Theil metallisch)	12·6
Kohlens. Natron und Kalk	26·1
	100·0

Das Resultat ergiebt, dass in der That ein grosser Theil des Phosphors in die Schlacke übergegangen und dass ein gewisser Antheil des Eisengehalts der Schlacke mechanisch beigemengt war. Das Verhältniss der Schlacke zu dem Erfolg an rohem Stahl wurde nicht durch einen directen Versuch ermittelt, doch ergab sich nach einem Ueberschlag, dass das Gewicht der Schlacke 23 Proc. von dem Gewichte des geschmolzenen Roheisens nicht überschritt. Mithin konnten die 12·6 Proc. Eisen in der Schlacke nicht höher als 3 Proc. Eisenverlust angenommen werden.

Mallet sprach sich auf Grund der vor seinen Augen mehrfach ausgeführten Operation und der in seiner Gegenwart mit den Producten angestellten Proben über den Werth des Heaton'schen Processes folgendermaassen aus:

„Heaton's Process der Umwandlung des Roheisens in Stahl, durch Anwendung von Natronsalpeter, ist in allen Producten vollkommen in Einklang mit der metallurgischen Theorie. Er kann in einem grossartigen Maassstabe mit vollkommener Sicherheit, Gleichmässigkeit und Leichtigkeit zur Ausführung gebracht werden, und das Product, welches er erzielt, hat einen sehr hohen commerciellen Werth.

„Er steht hinsichtlich der Darstellungskosten vortheilhaft gegenüber jedem anderen Processe, welcher der Production von geschmeidigem Eisen und Stahl aus Roheisen gewidmet ist.

„Unter seinen Hauptvortheilen, abgesehen von der grösseren oder geringeren Oekonomie bezüglich der Darstellungskosten, tritt hervor: dass er befähigt ist, die beste Sorte geschmeidigen Eisens und vortrefflichen Stahls aus Roheisen zu erzeugen, welches wegen seiner schlechten Beschaffenheit und namentlich seines Phosphor- und Schwefelgehalts gering im Preise steht und aus welchem überall durch keinen anderen Process ein brauchbarer Stahl, der Handelswerth hat, zu erzielen ist."

Kohn[1]) hat über Heaton's Stahlfrischprocess an das k. k. österreichische Generalconsulat in London einen Bericht erstattet, aus welchem Folgendes zu erwähnen ist: „Dem Heaton'schen Verfahren liegt besonders der Gedanke zu Grunde, den Schwefel und Phosphor des Roheisens durch Umwandlung in Schwefelsäure und Phosphorsäure mittelst

---

[1]) Kohn, Engineering 1868, Dec. p. 546; Dingl. Journ. CXCI, p. 144; Polyt. Centralbl. 1869, S. 511.

des Sauerstoffs der Salpetersäure vollständiger als bisher zu entfernen, und so auch die unreineren, d. h. einen grösseren Gehalt an Schwefel und Phosphor besitzenden Roheisensorten zur Stahlfabrikation verwendbar zu machen. Dieser Zweck scheint in Bezug auf den Phosphor kaum genügend erreicht zu werden; denn Miller fand (siehe S. 454. b.) im ausgereckten sogenannten Rohstahl, welcher durch Heaton's Process aus einem 1·455 Proc. Phosphor enthaltenden Roheisen dargestellt war, noch 0·298 Proc. Phosphor. Dieser Phosphorgehalt ist für verkäuflichen Stahl irgend welcher Sorte noch viel zu gross; mittelmässige Sorten von Bessemerstahl enthalten nicht einmal ein Drittel so viel, und die besten Sorten von Gussstahl oder Bessemerstahl enthalten nicht über 0·055 Proc. Phosphor. Auch in Bezug auf den Kostenpunkt kann dem Heaton'schen Verfahren kein günstiges Prognostikon gestellt werden. Es ist schwer, die erforderlichen Mengen von Natronsalpeter zu beschaffen, da die Nachfrage nach diesem Salze sehr bedeutend ist. Der niedrigste Preis desselben ist jetzt in England 10 Pfd. Sterl. = 200 Rmk. pro Tonne. Nach dem Bericht von Miller braucht man zur Umwandlung einer Tonne Roheisen in Stahl ungefähr 152 Kg Natronsalpeter; die Ausgabe für dieses Salz beträgt demnach pro Tonne Roheisen 30 Rmk., also pro Centner Roheisen $1^1/_2$ Rmk. Wegen des unvermeidlichen Abbrandes und anderer bei der Umwandlung des Roheisens in Stahl stattfindender Verluste muss hiernach der Aufwand für Natronsalpeter pro Centner producirten Stahles zu wenigstens 2 Rmk. angenommen werden."

Die Ansicht Kohn's hat sich bestätigt. Die Kosten sind zu hoch gewesen für eine allgemeine Anwendung, der Process ist nirgends fortlaufender Fabrikationszweig geworden. Dabei ist die Phosphorabscheidung keineswegs befriedigend und wohl mehr der Aussaigerung des nur halbflüssigen Productes zuzuschreiben, als der günstigen Einwirkung des Salpeters.

Es ergiebt sich indessen Folgendes zur Genüge: Der Sauerstoff des Salpeters wirkt gerade wie derjenige der Luft. Das Natron geht als kohlensaures Salz in die Schlacke und macht dieselbe leichtflüssig. Die am Ende des Processes offenbar in einem nicht ganz flüssigen, sondern mehr teigigen Zustande zurückbleibende Eisenmasse gestattet ein sehr vollständiges Aussaigern der dünnfliessenden Schlacke, welche den Phosphorgehalt wahrscheinlich zum grossen Theile mitnimmt. Der Process ersetzt daher in keiner Weise das Bessemern und giebt ein Zwischenproduct zwischen Puddeln und Bessemern, wird daher besser durch das Puddeln ersetzt, welches aus gleichem Materiale ein besseres Ziel hinsichtlich des Phosphorgehalts erreichen lässt und dabei weniger kostspielig ist.

Kochsalz, Salmiak. Zuweilen hat man mit Erfolg Kochsalz oder ähnliche chlorhaltige Verbindungen, wie Chlormagnesium, Chlorcalcium, Abraumsalze, mit dem Windstrome in die Birne geblasen. Diese Salze

machen, im Falle man es mit schwerschmelzigen Schlacken zu thun hat, die letzteren leichtschmelzig, was bei mechanisch durch Sand sehr verunreinigten Roheisensorten, deren Umschmelzschlacke unvorsichtiger Weise mit in die Birne gelangt, ferner bei leicht abbröckelnden Wandungen u. s. w. nützlich sein kann.

Zu Neuberg setzt man zu einer Hitze 4 Kg Kochsalz [1]).

Mühlig's Vorschlag Salmiak anzuwenden, ist bei der ungemein grossen Flüchtigkeit dieser Substanz ganz nutzlos [2]).

Kohlensaures Natron. Da der Chlorgehalt der vorher genannten Substanzen keinen günstigen Einfluss auszuüben im Stande ist, so empfiehlt sich zur Flüssigmachung der Schlacke mehr das kohlensaure Salz, welches schwerflüchtig ist, allerdings aber auch im gereinigten (schwefelfreien) Zustande der Regel nach theurer sein wird.

Flussspath. Wo man es mit abbröckelnden Wandungen zu thun hat, ist ein sehr günstig wirkendes Flussmittel der gepulverte Flussspath, welcher wohl der Regel nach ökonomischer sein wird, als alle übrigen zu gleichem Zwecke verwendeten Körper; jedoch darf auch seine Anwendung immer nur in Fällen der Noth gestattet werden.

Ueber die Unwirksamkeit dieses und ähnlicher Mittel zur Schwefel- und Phosphorentfernung kann auf die Auseinandersetzungen S. 257 u. f. verwiesen werden.

Kohlenstaub. Ueber die Benutzung von Kohlenstaub ist bereits S. 374 u. 447 ausführlich gesprochen. Zweck ist nur eine Wärmevermehrung.

Alle diese pulverförmigen Substanzen bläst man aus sogenannten Wechselladen in die Windleitung, wie solche schon längst beim Hochofenbetriebe zu gleichem Zwecke angewendet wurden [3]).

In Fig. 139 und 140 (a. f. S.) ist eine solche Vorrichtung abgebildet.

Auf dem Windrohr *A* befindet sich angegossen oder angeschraubt das im Innern cylinderförmig ausgedrehte Stück *B*, welches oben eine schlitzförmige Oeffnung *c* hat. In demselben bewegt sich die eingeschmirgelte Wechsellade, welche mit zwei oder mehreren halbkreisförmigen Einschnitten (*dd*) versehen ist. Sie läuft mit Zapfen in Stopfbüchsen und kann durch ein Handrädchen *f* gedreht werden. Man füllt den oben stehenden Schlitz mit der pulverförmigen Substanz, dreht die Lade und befördert jene so in das Rohr *A*, wo sie vom Windstrome mitgerissen wird. Der Druck des Windes überwindet zuweilen die Schwere

---

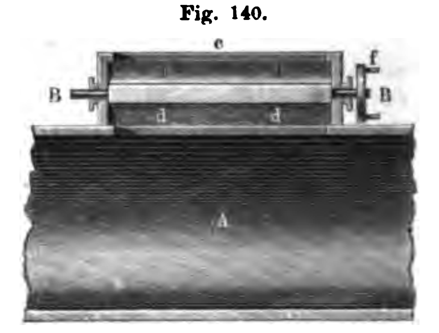
[1]) Berg- und Hüttenm. Ztg. 1868, S. 121. — [2]) Wagner's Jahrbuch 1868, S. 73 und 74. — [3]) Vergl. Abtheil. II, S. 155.

der pulverförmigen Substanzen. Es sind deshalb die kleinen, mit dem tiefsten Punkte des Einschnitts *d* correspondirenden Durchbohrungen *g*

Fig. 139.



Fig. 140.



Wechsellade für staubförmige Substanzen.

angeordnet, welche dem Winde durch das Röhrchen *h* den Zutritt auf die andere Seite der Substanz gestatten, und ein Festhaften derselben an der Lade [1]) verhindern.

Die Selbstkosten des Bessemerproductes.

Die Selbstkosten des Bessemer-Stahles und Eisens sind seit Beginn der Einführung wesentlich gesunken; noch heutigen Tages aber liegt der Schwerpunkt in dem Materialpreise. Von dem Augenblicke an, wo es gelingt, ein jedes Roheisen mit dem Bessemerprocess zu verwerthen, welches auch für den Puddelprocess geeignet ist, steht die Concurrenzfähigkeit des ersteren gegen den letzteren ausser aller Frage.

Im Jahre 1863, als der Verfasser durch eine in der Preussischen Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen [2]) veröffentlichte Arbeit zuerst für eine allgemeine Ausbreitung des Bessemerprocesses in Preussen eintrat, konnte er die Selbstkosten nach englischer Methode erzeugten Bessemerrohstahls bei Zugrundelegung von 30 Hitzen zu 750 Kg Product pro Woche für Westfalen wie folgt berechnen:

Zinsen der Anlage von 110205 Rmk.	330	Rmk.	61	Pfg.
Materialien	2766	„	47	„
Arbeitslöhne	220	„	50	„
Verwaltungskosten etc.	331	„	77	„
Zusammen	3649	Rmk.	35	Pfg.

[1]) Siehe Grundriss der Eisenhüttenkunde vom Verfasser S. 85. — [2]) Bd. XI, wo die Zahlenangaben im Einzelnen belegt sind.

oder pro 100 Kg Stahl 16 Rmk. 22 Pfg; Gruner gab zu derselben Zeit die Selbstkosten zu Woolwich auf 13 Rmk. an, Bessemer selbst bei directer Entnahme des Rohstahls aus dem Hochofen zu 8 Rmk. ohne Berechnung der Zinsen des Anlagecapitals. Als in Königshütte, so lange das Werk fiskalisch war, der Bessemerprocess in Ausübung war, stellten sich die Selbstkosten für 100 Kg rohe Eingüsse, je nachdem das Roheisen im Flammofen umgeschmolzen, oder direct aus dem Hochofen entnommen wurde, wie folgt:

A. Beim Umschmelzen des Roheisens im Flammofen.

				Rmk.	Pfg.
1.	130·29	Kg	Graues Roheisen	9	12
2.	8·71	„	Spiegeleisen	1	45
3.	150	„	Steinkohle zum Einschmelzen des Roheisens	—	74
4.	50	„	Steinkohle zur Kesselfeuerung	—	10
5.	0·0093	cbm	Holzkohle }	—	12
6.	0·006	„	Koks }		
7.	Reparatur der Maschinen, Apparate u. Geräthe			—	50
8.	Gusswaren			—	30
9.	Diverse Auslagen			—	40
10.	Feuerfeste Materialien			—	46
11.	Betriebslöhne			1	30
12.	Betriebsleitung und Aufsicht			—	22
			In Summa	14 Rmk.	66 Pfg.

Davon gehen ab:

				Rmk.	Pfg.
13.	4·80	Kg	Roheisenabfälle	—	24
14.	4·08	„	Stahlabfälle	—	24
15.	2·37	„	Auswurf	—	6
				— Rmk.	54 Pfg.
			100 Kg Eingüsse kosten	14 Rmk.	12 Pfg.

B. Bei directer Verwendung des Roheisens vom Hochofen.

				Rmk.	Pfg.
1.	125·96	Kg	Graues Roheisen	8	82
2.	7·66	„	Spiegeleisen	1	22
3.	47	„	Steinkohle zum Einschmelzen des Spiegeleisens und Anwärmen der Apparate	—	24
4.	50	„	Steinkohle zur Kesselfeuerung	—	08
5.	0·0092	cbm	Holzkohle }	—	12
6.	0·006	„	Koks }		
7.	Die Reparatur der Maschinen, Apparate und Geräthe			—	50
8.	Gusswaaren			—	30
9.	Diverse Auslagen u. Materialien			—	40
10.	Feuerfeste Materialien			—	34
11.	Betriebslöhne			—	80
12.	Betriebsleitung und Aufsicht			—	22
			In Summa	13 Rmk.	04 Pfg.

				Transport	13 Rmk. 04 Pfg.
Davon gehen ab:					
13.	6·36	Kg	Roheisenabfälle . . — Rmk. 32 Pfg.		
14.	2·94	„	Stahlabfälle . . . — „ 18 „		
15.	2·35	„	Auswurf . . . . . — „ 06 „		
					— Rmk. 56 Pfg.
				100 Kg Eingüsse kosten	12 Rmk. 48 Pfg.

Bedenkt man nun, dass jetzt [1]) die besten Sorten Bessemerroheisen von Cumberland loco Whitehaven 9 Rmk. 50 Pfg. pro 100 Kg kosten, dass also bei Anwendung desselben mindestens $11^1/_2$ Rmk. für Rohmaterial darauf gehen, so ist noch jetzt ein höherer Selbstkostenpreis zu erwarten, wenn dieses vortheilhafte Material angewendet wird.

Der Verkaufspreis von Bessemerrohstahleingüssen in Westfalen zu 12 Rmk. pro 100 Kg zeigt indessen, dass man aus geringen Qualitäten Roheisen bedeutend billigeren Stahl herstellen kann.

Vergleicht man die Selbstkosten des Bessemerns mit denen des Puddelns [2]), so ist ersichtlich, dass ganz allein die Unmöglichkeit, ein phosphorhaltiges Roheisen zu verwenden, die Selbstkosten des Bessemerns gegenwärtig noch höher erscheinen lässt, dass aber selbst unter den günstigsten Verhältnissen nicht einmal das Drehpuddeln den Vergleich gegen das Bessemern aushalten könnte, wenn gleiches Roheisen für beide Processe verwendbar wäre.

Schlussfolgerungen.

Der Bessemerprocess ist in Bezug auf Schnelligkeit der Ausführung, auf Grösse der gleichzeitig zu verarbeitenden Massen, auf Darstellung von Eisen verschiedenen Kohlenstoffgehalts, auf Erzeugung eines schlackenfreien Eisens der vollkommenste aller Frischprocesse. Er hat sich sowohl in der Ausbildung der angewendeten mechanischen Hülfsmittel als in der Sicherheit und Schnelligkeit der Arbeit rasch zu einer Stufe entwickelt, welche kaum etwas zu wünschen übrig lässt.

Man pflegte anfangs zwei Birnen in der Weise zusammen arbeiten zu lassen, dass sie sich bei jeder Hitze abwechselten. Jetzt bläst man der Regel nach mit einer Birne so lange, als der Boden hält, und wendet dann erst die inzwischen instandgesetzte zweite an. Wenn daher von der Production je einer Birne gesprochen wird, so ist darunter genau genommen immer die eines Paares gemeint, da ein fortlaufender Betrieb ohne die beständige Bereithaltung einer zweiten Birne nicht möglich ist. Die Production, welche ein solches Paar leisten kann, ist sehr bedeutend gewachsen. Bei Beginn der Einführung des Processes waren, die

---

[1]) 1874 nach Robinows u. Marjoribank's Jahresbericht. — [2]) S. 321 u. f.

Birne zu 5 Tonnen Roheisen Einsatz gerechnet, kaum mehr als 5 Hitzen am Tage oder bei 300 Arbeitstagen ein Verbrauch von 7500 Tonnen Roheisen im Jahre möglich, jetzt sind 10 bis 12 Hitzen oder 15 000 bis 18 000 Tonnen beinahe das Minimum, aber auch 30 bis 34 Hitzen oder ein Jahresverbrauch von 45 000 bis 55 000 Tonnen keine Seltenheit mehr, z. B. zu Troy und Cambria in Nordamerika [1]); in Troy hat man es sogar einmal ausnahmsweise auf 50 Hitzen in 24 Stunden mit einer Production von 268 Tonnen Stahleingüssen gebracht [2]). Mässig gerechnet ist man jetzt im Stande in Deutschland mit den bestehenden 35 Birnenpaaren jährlich 385 000 Tonnen, bei einiger Anspannung aber eine halbe Million Tonnen Stahl zu erzeugen.

Der Grund, dass trotzdem der Bessemerprocess den Puddelprocess nicht längst verdrängt, sondern sogar die Entwickelung einer neuen Art des letzteren gestattet hat, ist lediglich in dem Umstande zu suchen, dass durch jenen kein so schlechtes Materialroheisen zu brauchbarem schmiedbaren Eisen verarbeitet werden kann, wie durch diesen, kurzum in der Unmöglichkeit, Phosphor in hinreichender Menge zu entfernen. Der Mangel an genügenden Mengen phosphorfreier Erze verhindert die Ausdehnung des Bessemerprocesses über bestimmte Grenzen. Diese Grenzen bleiben bestehen, so lange es nicht gelingt, entweder aus phosphorhaltigen Erzen ein phosphorfreies Roheisen zu erzeugen, ein phosphorhaltiges Roheisen vor der Anwendung zu entphosphorn oder endlich den Phosphor beim Bessemerprocess selbst abzuscheiden.

Nach unseren gegenwärtigen chemischen Kenntnissen hat vorläufig keiner der drei Wege Aussicht auf Erfolg.

Die Befreiung der Erze von Phosphor vor der Verwendung im Hochofen ist als ein nur in ausnahmsweisen Fällen mit ökonomischem Erfolge durchführbares Mittel bereits Abtheilung II, Seite 507 u. f. geschildert. Sind die Erze einmal in die Gicht des Hochofens gelangt, so geht der Gesammtphosphorgehalt des Phosphors auch ins Roheisen, wie Abtheilung II, Seite 593 auseinandergesetzt ist. Die Seite 20 u. f. dieses Bandes beschriebenen Vorbereitungsarbeiten haben bisher ebenfalls keine Methode an die Hand gegeben, welche Aussicht auf Erfolg verspricht, und die beim Puddeln Seite 258 u. f. beschriebenen Mittel zur Entfernung des Phosphors lassen noch weniger Hoffnung für das Bessemern übrig, als für das Puddeln.

So bleibt vorläufig denn nichts übrig, als sich zu der einfachen Ausführung des Processes selbst zu wenden und zu versuchen, durch Modification der Arbeit Besseres zu erreichen.

Nach Analogie der beiden anderen Frischprocesse könnte man annehmen, dass durch Entfernung der Rohschlacke eine wesentliche Phosphorverminderung herbeigeführt werden würde. Der Vorschlag hierzu,

---

[1]) Vergl. S. 389. — [2]) Vergl. Berg- und Hüttenm. Zeitung 1874, S. 466; Berggeist 1874, No. 94; Polytechn. Centralbl. 1875, S. 106.

der vom Verfasser zuerst 1865 gemacht wurde [1]), hat sich in der praktischen Ausführung nicht bewährt.

Eine weitere und vollständige Phosphorentfernung würde das Aussaigern des fertigen Productes geben; aber dasselbe ist, wie die Schlacke, flüssig, daher für diesen Process nicht geeignet.

So bliebe denn nur eine Combination des Bessemerns und des Puddelns übrig, welche noch nirgends versucht zu sein scheint. Zur Erreichung des Zwecks muss das Bessemern so weit geführt werden, dass ein nahezu den gewünschten Kohlenstoffgehalt besitzendes Product entsteht, dessen vollständige Entkohlung aber erst im rotirenden mit Regeneratoren versehenen Puddelofen erfolgt, wo die Schlacke Gelegenheit findet, bei hoher Temperatur hinreichend auszusaigern, ohne dass das Eisen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht.

Hierbei lässt sich das flüssige Bessemerproduct ohne Schwierigkeit in soviel Theile theilen, als Luppen gewünscht werden, und man umgeht die Schwierigkeit, welche sich beim Puddeln im rotirenden Ofen ohne vorgängiges Bessemern in Bezug auf die Zertheilung oder Verarbeitung einer sehr grossen Luppe bietet.

Ob eine solche Combination ökonomischen Erfolg haben kann, lässt sich nur in den einzelnen Fällen, wo ihre Anwendung in Frage kommt, entscheiden. Sollten in allen Fällen Versuche gegen ein solches Verfahren ausfallen, so wird sich nach wie vor ein sehr phosphorhaltiges Roheisen gar nicht für den Bessemerprocess verwerthen, ein phosphorärmeres nur für ein weiches Eisen von geringerem Kohlenstoffgehalte und nur ein sehr phosphorfreies für ein härteres kohlenstoffreiches schmiedbares Eisen benutzen lassen.

Die Anordnung für den Fall des Gelingens würde so zu wählen sein, dass das Bessemermetall aus der Birne, in welcher es erzeugt wurde, durch Gerinne sofort in die vorher angeheizten Drehöfen geleitet werden kann, deren so viele vorhanden sein müssen, als Luppen aus der in einer Birne dargestellten Stahlmenge erfolgen sollen, die aber auch voraussichtlich für etwa vier Birnen ausreichen würden.

Bedenkt man, dass bereits jetzt schon Deutschland mit 70 Birnen im Stande ist ohne Schwierigkeit jährlich eine halbe Million Tonnen Stahleingüsse, bei angestrengtem Betriebe aber das Doppelte zu liefern, so ist es beinahe eine Nothwendigkeit für das Bestehen der Werke, Mittel und Wege zu finden, der Ausdehnung des Bessemerns auf phosphorhaltige Roheisensorten Bahn zu brechen.

Die Versuche durch chemisch wirkende Mittel den Phosphorgehalt zu entfernen versprechen vorläufig noch nicht den geringsten Erfolg. Man wird gut thun, mit etwa neu vorgeschlagenen Agentien nicht in

---

[1]) Vergl. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1865, S. 353, und Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1866, S. 157.

der Bessemerbirne zu operiren, sondern die Wirksamkeit durch Einrühren in das aus dem Hochofen abgestochene flüssige Roheisen zu probiren.

Was im übrigen die Vervollkommnung des technischen Betriebes beim Bessemern betrifft, so wird zuvörderst bei der Construction der Birnen auf eine haltbare Construction, ein möglichst feuerfestes, dem Processe nicht Kieselsäure zuführendes, daher vielleicht lieber eisenreiches Futter Bedacht zu nehmen sein. Die Form der Birne wird möglichst einfach sein müssen, ziemlich cylindrisch, unten schwach zusammengezogen, um die Wände vor dem directen Einfluss der Windströme zu schützen, oben einseitig zum Halse so zusammengezogen, dass die Uebersicht des Bodens bequem erlangt werden kann. Der letztere ist nach amerikanischem Muster abnehmbar und von aussen verdichtbar anzuordnen. Als günstigste Füllung ist 6 Tonnen Roheisen anzunehmen. Bei Neuanlagen ist eine möglichst zugängliche, dabei aber die Arbeiter vor Beschädigungen schützende Anordnung zu wählen. Das paarweise Zusammenlegen zweier Birnen bleibt am empfehlenswerthesten; die Beibehaltung der hydraulischen Giesspfanne bedingt ihre Aufstellung ausserhalb der Peripherie des von letzterer beschriebenen Kreises. Am einfachsten wird daher das Arrangement mit zwei Birnen, deren Axen in einer Linie liegen. Bei mehreren Birnen wiederholt sich dann die Gruppirung, so dass alle Birnen sich in einer Reihe nebeneinander befinden. Die Funkenfänge und Essen sind dadurch in ihrer Lage bedingt, aber man wird gut thun, sie nach amerikanischem System unten offen zu lassen, damit man bequem zu den Birnen gelangen kann; der Raum, welcher zum Auffangen der Reste aus der gebrauchten Birne dient, wird weder wie in Deutschland höher als die Gusssohle liegen, noch wie in Amerika ebenso hoch, sondern am besten vertieft. Auf Schienen fahrende Wagen können die Reste aufnehmen und hinaus befördern.

Vor allen Dingen muss das Bestreben der Bessemerhüttenleute darauf gerichtet sein, direct brauchbares Roheisen regelmässig im Hochofen zu erzeugen und dasselbe im flüssigen Zustande auf kürzestem Wege in die Birnen zu füllen. Sind Umschmelzapparate nöthig, so können nur Kupolöfen empfohlen werden.

In den zahlreichen mechanischen Apparaten, welche zur Ausführung des Processes erforderlich sind, wird der Maschinenbau noch mannigfache Fortschritte erzielen können.

D. Das Glühfrischen.

Das Glühfrischen gründet sich auf die Entkohlung des festen Roheisens in der Glühhitze, unterscheidet sich also von den eigentlichen Frischprocessen durch den Aggregatzustand des Materials. Die Entkohlung kann durch den Sauerstoff der atmosphärischen Luft stattfinden, aber die Einwirkung der dadurch auf der Oberfläche des Eisens gebildeten Oxydoxydulschicht (vergl. S. 11) ist für die technische Ausführung des Processes der Regel nach als zu langsam und ungleichförmig erfunden worden, weshalb zur Entkohlung meist ein fertig gebildeter Sauerstoff abgebender Körper, gewöhnlich Eisenoxyd, angewendet wird. Der durch das Glühfrischen oxydirte Kohlenstoff muss im amorphen Zustande vorhanden sein. Grafit wird nicht oxydirt. Das Material muss daher weisses Roheisen sein.

Der Process des Glühfrischens findet in der Praxis eine doppelte Anwendung. Es werden einestheils Gusswaaren, d. h. Gusseisenstücke, in bestimmt begrenzten Formen entkohlt, um ihnen ohne wesentliche Formveränderung die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens zu ertheilen, und anderentheils werden Roheisenstücke, deren Form gleichgültig ist, auf den Kohlenstoffgehalt des Stahls gebracht, um durch Umschmelzung oder Schweissung zu einem gleichmässigen und dann technisch verwendbaren Stahl umgewandelt zu werden. Man nennt das Product der ersten Art der Ausführung schmiedbares oder hämmerbares Gusseisen (*malleable cast iron*), das der zweiten Art Glühstahl.

1. Das schmiedbare Gusseisen.

Geschichtliches. Die Anfänge der Darstellung schmiedbaren Gusseisens sind unbekannt. Sie scheinen sich zurückzuverlieren in die erste Zeit der Eisengiesserei überhaupt oder in das 15te Jahrhundert. Die bei den gothischen Bauwerken verwendeten zur Verzierung dienen-

den Eisenarbeiten sind wahrscheinlich vielfach Producte einer solchen Entkohlungsarbeit des Gusseisens. Diese Methode wurde, wie die meisten metallurgischen Arbeiten älterer Zeiten, als eine Art Geheimniss betrachtet, und die wenigen Schriftsteller, welche dem Eisen ihre Aufmerksamkeit zuwendeten, erwähnen nichts darüber.

Die erste Publication findet sich 1722 in Réaumur's Werk: L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu [1]).

Mallet giebt [2]) hierüber folgende historische Mittheilung:

„Die Schriften Réaumur's kamen erst nach seinem Tode, 1757, in den Besitz von Duhamel de Monceau, von dem sie veröffentlicht wurden im 15. Bande der 4. Ausgabe von Bertrand's Déscription des Arts et Métiers. Hiernach soll die für Kirchen- und Schlossverzierungen [3]) im 15., 16. und 17. Jahrhunderte vielfach angewendete Kunst, Gusseisen geschmeidig zu machen, mehrfach ausgeübt, wieder verloren und von neuem entdeckt worden sein. Zu Réaumur's Zeiten (etwa um 1720) betrieb ein Sieur d'Haudimont of Conches in der Normandie diese Fabrikation mehrere Jahre hindurch. Ausserdem bestand eine Hütte zu Cône und eine in der Vorstadt Saint Marceau zu Paris. Zu Cône wurden Verzierungen, Balustraden, Candelaber etc. so hergestellt, oft mit Anlauffarben versehen, vergoldet u. s. w."

Réaumur giebt unter den Mitteln, welche zur Umhüllung des Gusseisens bei der Erhitzung dienen sollten, zwar als vorzüglichstes Eisenoxyd (Safran de Mars, erzeugt durch langes Erhitzen gusseiserner Platten bei Luftzutritt) an, aber auch andere Substanzen wie Knochenasche, Salz, Seesalz, Salpeter, Grafit, Holzkohle, gebrannten und ungebrannten Kalk, Gyps.

1804 erhielt Samuel Lucas ein Patent auf die Darstellung schmiedbaren Gusseisens [4]). Hiernach sollen Gusswaaren 5 bis 6 Tage und Nächte lang mit Pulver von Eisenstein, Erz oder anderen metallischen Oxyden, Kalk oder Verbindungen dieser Stoffe, in einem Stahlcementirofen [5]) oder anderen geeigneten Apparaten erhitzt werden und zwar zu einer Temperatur, bei welcher sich die angewendete Substanz mit dem Kohlenstoff des Eisens verbindet. Zur Herstellung vollkommen schmiedbaren Eisens sollte $^1/_2$ bis $^2/_3$ des Gewichts an Eisenstein oder Eisenerz nöthig sein. — Die Gusseisenstücke sollten abwechselnd mit den genannten Substanzen geschichtet und diese letzteren durch dünne Sandschichten vom Anhaften an das Eisen verhindert werden.

---

[1]) 1722, p. 472. — [2]) In Practical Mechanic's Journal 1868, S. 97. — [3]) Hierhin gehören die Beschläge der grossen Thüren der Kirche von Notre Dame in Paris und der zu Amiens, welche wahrscheinlich älter als das 15. Jahrhundert sind. — [4]) Separating impurities from cast-iron without fusing it, and rendering the same malleable, and „improving articles made of cast-iron" A. D. 1804, May 20, No. 2767. Abridgments p. 18; Percy, Iron p. 804. — [5]) Der später beschrieben werden wird.

Wegen vielerlei sich entgegenstellender Schwierigkeiten soll das Patent lange Zeit gar nicht ausgebeutet worden sein, bis der Bruder des Patentinhabers, Thomas Lucas zu Chesterfield, den Gegenstand aufnahm. Es gelang ihm mit gutem Erfolge Kurzwaaren zu verfertigen, welche nach Parkes [1]) die Herstellung so schöner Politur und so guter Schneiden zuliessen, wie der beste Gussstahl.

Nun entwickelte sich der Process in sehr grosser Ausdehnung und wurde für alle Arten Kurzwaaren, Beschlagtheile und Schneidwerkzeuge (*cutlery and edge-tools*), selbst Nägel, angewendet, welche bis 1831 merkwürdiger Weise unter dem Namen Flussstahl (*run steel*) in den Handel kamen [2]).

Als Material diente der Regel nach ein aus Rotheisenstein bei Holzkohlen erzeugtes Cumberländer Roheisen. Direct aus dem Hochofen geschöpftes Eisen sollte sich am besten bewähren.

Die Gusswaaren wurden aufrecht in kleine gusseiserne Kästen oder Cylinder gestellt und von gemahlenem Rotheisenstein, noch häufiger von Hammerschlag (*smith's scales, smithy slack*) umgeben. Die Gefässe selbst kamen in backofenähnliche Räume, in denen sie bei geschlossener Thür durch Verbrennung von Kohle oder Koks eine bis zwei Wochen hindurch gelinde erhitzt wurden [3]).

Kastner giebt 1823 zuerst einige wissenschaftliche Untersuchungen über den Process [4]). Er fand, dass

1. als Glühmittel kein Schwefel oder schwefelsaure Salze enthaltendes Eisenoxyd brauchbar sei;

2. der benutzte Rotheisenstein wieder benutzt werden könne, nachdem er einige Zeit unter Besprengung mit Wasser und häufigem Umrühren an der Luft gelegen habe und durch Erhitzung wieder vom Wasser befreit sei;

3. dichter Rotheisenstein und faseriger Brauneisenstein ebenso gut benutzt werden könnten, wie der gewöhnlich angewendete rothe Glaskopf, wogegen Braunstein kein vollkommen weiches Eisen geben sollte.

Auch Kastner ist der Ansicht, dass das Glühen zwischen Kalk oder blossem Sande einen gleichen Erfolg haben könne.

1836 nahm Elliot zu Pont-Audemer ein Einführungspatent in Frankreich, in dem das Verfahren in der weiter unten angegebenen Ausführung ziemlich genau beschrieben ist [5]).

---

[1]) Essay on Edge Tools. Parkes Chemical Essays 1815, p. 519. — [2]) Percy, Iron 804. — [3]) London Journal, Vol. XII, 1826, p. 275, Recueil industr. par Moléon Vol. VI, p. 133, 1830, p. 212, vergl. auch London Journal, Vol. IX, p. 1825 und Lardner's Cabinet Cyclopedia 1831, I, p. 268. — [4]) Neues Kunst- u. Gewerbeblatt 1823, 9. Jahrgang S. 124. — [5]) Uebrigens sollen nach Calla (Bullet. de la Société ind. de Mulhouse 4, S. 319, 1831, und ebendas. 1827) schon Bardelle und Déodor 1822 in Frankreich schmiedbaren Guss gemacht haben.

Um etwa dieselbe Zeit wurde das Verfahren auch nach Belgien übertragen, wo es 1838 zu Herbesthal von Lesoinne und Pirlot eingeführt wurde.

Nach Deutschland kam es um 1829, wo es in Traisen bei Lilienfeld in Oesterreich zuerst angewendet zu sein scheint.

Gegenwärtig wird es auf zahlreichen Werken in England, Frankreich und Deutschland betrieben, aber es ist dem Verfasser nicht gelungen, einigermaassen zuverlässige Zahlen über die Production zu gewinnen. In Frankreich sollen nach Brüll [1]) jährlich nur 4000 bis 5000 Kg producirt werden; nicht grösser wird die Production in Deutschland sein, in England beträgt sie mindestens das Zehn- bis Zwanzigfache.

Wesen des Processes.

Aus der Entwickelungsgeschichte des Processes ersieht man, dass seit Alters zwei verschiedene Verfahrungsweisen neben einander herlaufen, deren Unterschied meistentheils nicht hinreichend klar verstanden zu sein scheint, ja selbst von neueren Schriftstellern (z. B. Mallet) nicht richtig aufgefasst wird.

Das eine Verfahren ist ein auf die Entkohlung des Roheisens gegründeter chemischer Process, welcher daher stets einer den Kohlenstoff oxydirenden Substanz bedarf. Nur dieser wird Gegenstand der folgenden Untersuchungen sein. Das zweite Verfahren ist ein physikalischer Process, welcher sich auf die langsame Erhitzung und Abkühlung des Gusseisens gründet und daher im Gegensatz solcher Substanzen bedarf, welche den Sauerstoff vom Eisen ausschliessen, oder sich wenigstens ganz neutral verhalten. Durch den letzteren Process, welcher lediglich eine Aufhebung der Spannung in den Gusswaaren bezweckt, also ein Tempern ist, wie es mit den meisten spröden Körpern erfolgreich vorgenommen werden kann, und der namentlich in fast allen Beziehungen dem Anlassen des Stahls gleicht, wird die chemische Beschaffenheit des Eisens in keiner Weise geändert. Diese Arbeit ist daher eine Verbesserungsarbeit der Gusswaaren, welche dem Gebiete der Giesserei angehört und hier nicht in Betracht gezogen werden soll. Die gleichzeitige Benutzung von Stoffen, welche theils oxydirend wirken, theils sich neutral verhalten, ist Veranlassung zu der Verwirrung in der wissenschaftlichen Betrachtung dieses Gebietes geworden, eine Verwirrung, welche noch dadurch vermehrt worden ist, dass man auf die Oxydation zuweilen eine kohlende Cementation folgen lässt, um den des Kohlenstoffs mehr oder weniger beraubten Gusswaaren von neuem eine kohlenstoff-

[1]) Mémoire de la Societé des Ingénieurs civils 1863.

reichere Haut zu geben, welche einestheils eine höhere Politur zulässt und eine höhere Härte ertheilt, anderentheils oft eine vortheilhafte Ausgleichung des in Folge der Natur des Processes sehr ungleich vertheilten Kohlenstoffs ermöglicht. Daher finden sich auch in den verschiedenen Beschreibungen des Processes oft neben sauerstoffabgebenden Körpern nicht nur solche Substanzen angeführt, welche gar keinen chemischen Einfluss ausüben, wie Sand, Thon, alkalische Salze und dergleichen mehr, sondern auch solche, welche kohlend wirken, wie Holzkohle, Grafit u. s. w.

Technische Ausführung des Processes und Beschaffenheit der Materialien.

Roheisen.

Das noch heutigen Tages als eine der vorzüglichsten Roheisenarten anerkannte, sogenannte Cumberländer Roheisen, welches nicht allein in Cumberland, sondern sogar in grösserer Menge in dem angrenzenden Bezirke von Nord-Lancashire in England jetzt fast ausschliesslich bei Koks, früher zum grossen Theile bei Holzkohle erzeugt wurde, ist bis in die neueste Zeit hinein das beste Material für die Erzeugung des schmiedbaren Gusses geblieben, obwohl man auch anderwärts gelernt hat, geeignetes Roheisen für diesen Zweck darzustellen. Das Eisen muss weiss oder stark halbirt sein, darf also keinen oder nur wenig Grafit enthalten. Die Menge des zulässigen Grafits richtet sich nach der Stärke der Gussstücke; je stärker dieselben werden sollen, um so weniger Grafit darf das Rohmaterial enthalten, da Alles darauf ankommt, dass in den Gusswaaren kein Grafit mehr bestehe, sondern aller Kohlenstoff im amorphen Zustande vorhanden, also das Gusseisen ganz weiss sei. Durch verschiedenartige Abkühlung können nicht unwesentliche Aenderungen in dieser Beziehung erreicht werden, so dass sich eine allgemein gültige Regel über die Höhe des zulässigen Grafitgehalts nicht aufstellen lässt.

Das Roheisen kann, wenn es von geeigneter Beschaffenheit ist, direct aus dem Hochofen vergossen werden, ja ist so am leichtesten verwerthbar. Bei ungleichmässigem Betriebe dagegen, bei welchem man nicht sicher ist, stets die richtige Sorte zu erzeugen, muss man zum Umschmelzen seine Zuflucht nehmen, und dann vermag man durch Mischung graphitischer und weisser Roheisensorten das gewünschte Verhältniss, welches nach dem Gusse ein grafitfreies Product giebt, leicht hervorzurufen.

Elliot [1]) führt an, dass die Roheisenmischung für gröbere Stücke aus 1 Gewichtstheil grauem auf 4 bis 5 Gewichtstheile weisses Roheisen, bei kleinen Stücken im umgekehrten Verhältnisse bestehen muss. Aehnliche Erfahrungen hat man überall gemacht, jedoch ist es vorzuziehen, sich

[1]) 1836.

nicht auf bekannte Mischungsverhältnisse zu verlassen, sondern für jede neue Roheisenart besondere Schmelz- und Giessproben zu machen, ehe man zur Verwendung im grossen schreitet.

Das Roheisen muss ferner möglichst manganfrei sein. Ein Gehalt von mehr als 1·2 Proc. an Mangan scheint bereits einen nachtheiligen Einfluss zu üben. Der Mangangehalt verzögert wesentlich die Entkohlung und scheint sie bei Anwesenheit in 4 bis 5 Procent bereits ganz zu verhindern. Spiegeleisen lässt sich nicht in schmiedbaren Guss umwandeln.

Phosphor und Schwefel beeinträchtigen die Festigkeit des Productes, auf die es doch besonders ankommt; Schwefel macht ausserdem das Roheisen dickflüssig und daher schlecht geeignet zur Ausfüllung der Formen; Phosphor begünstigt die Grafitausscheidung.

Sehr wesentlich ist endlich ein geringer Siliciumgehalt. Silicium macht das Product brüchig und erschwert die Entkohlung.

Die Beschaffenheit des Rohmaterials für die Darstellung des schmiedbaren Gusses muss daher, bis auf die ebenfalls erforderliche Freiheit von Phosphor und Schwefel, ziemlich genau entgegengesetzt sein von derjenigen, welche das für den Bessemerprocess geeignetste Roheisen haben soll.

Nach Mallet[1]) lässt sich gefeintes oder auf irgend eine Weise seines Grafitgehaltes beraubtes Eisen ebensogut verwenden wie Roheisen. Dürre[2]) theilt diese Ansicht nicht und der Verfasser stimmt dem Letzteren bei, denn in der That würden mit der wohl nirgends factisch ausgeführten Anwendung gefeinten Eisens viele Schwierigkeiten verbunden sein, welche namentlich in der Unmöglichkeit, dasselbe in scharfe Formen zu giessen, in der leichten Entkohlung desselben beim Umschmelzen und dem hohen Schmelzpunkte liegen. Vom theoretischen Gesichtspunkte aus dürfte gegen die Möglichkeit der Entkohlung nichts einzuwenden sein.

Umschmelzapparate.

Als Umschmelzapparate wendet man der Regel nach Tiegel aus feuerfestem Thon oder Grafit an, welche in der Weise hergestellt werden, wie die Tiegel zum Umschmelzen des Stahls, bezüglich deren Fabrikation daher auf das Kapitel über Gussstahlerzeugung verwiesen wird. In anderen Fällen kommen auch Kupolöfen zur Anwendung, welche der Regel nach mit directem Abstich, also ohne getrennten Sammelherd, angelegt sind, damit das Eisen in möglichst hoher Temperatur bis zum Gusse verbleibe; denn es ist eine der Hauptbedingungen zum Gelingen des Gusses, dass das Roheisen vor dem Einfüllen in die Formen stark überhitzt sei, weil sonst die Gussstücke nicht scharfkantig werden.

Die zum Erhitzen der Tiegel in kleineren Hütten angewendeten Oefen unterscheiden sich der Regel nach nicht von den zur Herstellung

[1]) Pract. Mechan. Journ. 1868. — [2]) Dingler's polytechn. Journ. 1871, S. 22.

gewöhnlicher Gusswaaren verwendeten. Der im Horizontalquerschnitt quadratische oder kreisförmige Ofenraum von 32 cm Seite oder Durchmesser und 50 bis 60 cm Höhe ist unten durch einen Rost abgeschlossen, auf dem die Unterlagen (Käse) für die Tiegel direct aufstehen. Selten ist circa 15 cm über dem Roste ein zweiter Rost aus gekühlten Röhren eingesetzt, auf dem der Tiegel ruht. Die Verbrennungsgase gehen durch einen seitlichen Fuchs (13 cm im Quadrat) nach der Esse. Oben ist der Ofen durch einen Schiebedeckel, seltener durch einen Klappdeckel verschlossen. Der Regel nach liegt die Mündung des Ofens in der Höhe der Hüttensohle.

Die Oefen werden mit Koks, selten mit Holzkohle oder Generatorgas gefeuert. Der Tiegel wird zuvörderst heiss gemacht, dann durch einen Blechtrichter mit meist vorgewärmtem Eisen in kleinen Stücken beschickt, mit einem Deckel geschlossen und nun so lange erhitzt, bis ein in das flüssige Eisen gebrachter Roheisenstab sofort abschmilzt oder ein Draht beim Umrühren eine sehr dünnflüssige Masse zeigt, auch nach dem Herausziehen mit Funkensprühen verbrennt. Dann wird der Tiegel mit einer Zange herausgenommen, der Deckel abgeschlagen und das Eisen direct in die Formen gegossen, während die darauf schwimmende Schlacke durch ein Holzstück zurückgehalten bleibt.

Während der Regel nach in jedem Ofen nur ein Tiegel mit einem Fassungsraum von circa 15 bis 25 Kg, selten bis 50 Kg steht, hat man auch Oefen für 2, 3, 4, selbst 7 und 8 Tiegel. Die Oefen erhalten dann einen oblongen Grundriss, der Fuchs liegt an der längeren Seite und die Tiegel stehen bei mehr als zwei Tiegeln in zwei Reihen.

An Koks braucht man etwa das Doppelte des Eiseneinsatzes, abgesehen von dem zum Anwärmen des Ofens erforderlichen Brennmateriale; mit Anwärmen der Regel nach das 3 bis 4½fache, an Holzkohle in letzterem Falle sogar das 8- bis 11fache des Eisengewichts [1]).

Bei ausgedehnten Anlagen wendet man mit Regeneratoren versehene Tiegelöfen an. Ein solcher ist nach Mallet [2]) in Fig. 141 und 142 abgebildet.

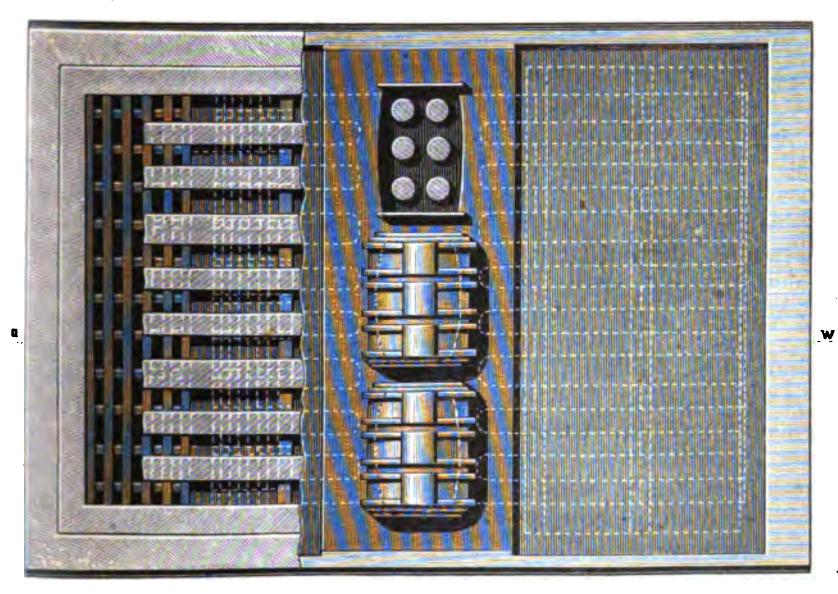
Fig. 141 ist theils Grundriss nach *xy*, Fig. 142, theils obere Ansicht. Fig. 142 ein Verticaldurchschnitt nach *vw*, Fig. 141. Die Gase durchstreichen den kanalartigen Raum, in welchem 18 Tiegel in 3 Abtheilungen aufgestellt sind, der Quere nach. Hierdurch unterscheidet sich der Ofen von den Gussstahltiegelöfen, welche später beschrieben werden. Der Schmelzraum ist nach oben, wo er in gleicher Ebene mit der Hüttensohle liegt, durch gewölbförmige Deckelstücke abgeschlossen, welche in dem Maasse einzeln abgenommen werden, als man die Tiegel ausheben will.

Zuweilen werden die Tiegel in Gebläseöfen erhitzt. So hat man bei

---

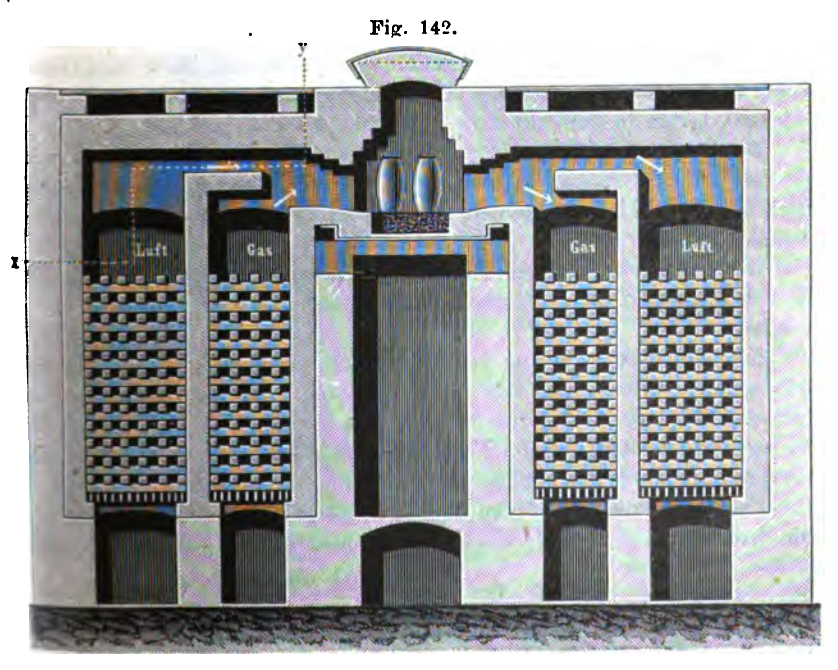
[1]) Vergl. Dürre, Handbuch der Eisengiesserei II, S. 17. — [2]) Pract. Mechan. Journ. 1868, S. 132.

Fig. 141.



Horizontalschnitt und obere Ansicht.

Fig. 142.



Verticalschnitt.
Regenerator - Schmelzofen. 1/60.

Fischer in Schaffhausen Sefström'sche Oefen für je 5 Tiegel[1]) zu 17·5 Kg Einsatz.

Die Kupolöfen[2]) werden zum Umschmelzen des Roheisens nur benutzt, wenn grössere Stücke erzeugt werden sollen, weil man in ihnen die Beschaffenheiten des Schmelzproducts weniger in der Hand hat. Man wendet der Regel nach ganz einfache, von einem Blechmantel umgebene, mit Schamottsteinen ausgesetzte cylindrische Oefen von etwa 60 cm innerem Durchmesser und 2 m Höhe an. Dieselben besitzen eine geneigte Sohle, von der das Roheisen direct in die Pfanne abgestochen wird. Besser ist indessen ein besonderer mit dem Ofen verbundener Sammelraum, welcher soweit zugänglich sein muss, dass das geschmolzene Roheisen darin umgerührt und eine Schöpfprobe daraus entnommen werden kann. Es zeigt sich nämlich bei einer Gattirung verschiedener Roheisensorten oft, dass sich das geschmolzene Product in verschiedenen Schichten sammelt und das specifisch leichtere weisse Eisen auf dem grauen schwimmt, ohne sich mit demselben zu mischen, was erst durch sorgfältiges Umrühren herbeigeführt wird, eine Handarbeit, die übrigens auch beim Tiegelguss nicht vernachlässigt werden darf, wenn der Tiegel mit verschiedenen Eisenarten besetzt wird.

Formen und Giessen.

Die Formen werden in sorgfältig vorbereitetem, nach dem Gusse nicht an dem Eisen anhaftendem, feuchtem (sogenanntem grünen oder frischen), selten in getrocknetem Sande hergestellt.

Die bekannten Formsande für feine gewöhnliche Güsse[3]) sind auch hier geeignet. Hat man kein gutes natürliches Material, so muss man dasselbe durch Mischen, Mahlen, Schlämmen und Brennen künstlich herstellen.

Die Formen aus grünem Sande werden ohne weitere Vorbereitung, die aus trockenem Sande dagegen in stark angewärmtem Zustande angewendet.

Die Modelle bestehen der Regel nach aus Metall, da die Herstellung schmiedbaren Gusses sich nur lohnt, wenn derselbe Gegenstand in grosser Zahl dargestellt werden kann. Auch empfehlen sich hier mehr als irgendwo in der Giesserei Form- und Aushebemaschinen. Gusseiserne Formen kommen selten und nur für einzelne Theile vor.

Sehr viel kommt auf den richtigen Querschnitt der Eingüsse an. Die Gussstücke sind stets ungemein spröde, da sie ganz aus weissem

---

[1]) Dingler's Polytechn. Journ. 1860. — [2]) Man findet in Dürre's Handbuch für Eisengiesserei, Bd. I, zahlreiche Beschreibungen und Abbildungen von Kupolöfen, welche ebenso wie für die gewöhnliche Giesserei auch für die vorliegenden Zwecke angewendet werden können. — [3]) Vergl. Dürre's Handbuch der Giesserei.

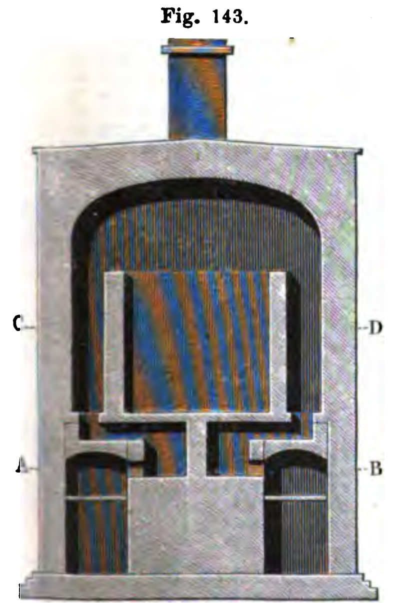
Eisen bestehen, dessen relative Festigkeit bekanntlich viel geringer als die des grauen Eisens ist. Oft springen die Gusswaaren daher ohne äussere Erschütterung entzwei, wenn sie schnell aus den Formkästen genommen werden, also nicht sehr langsam abkühlen. Am leichtesten aber werden sie beim Abschlagen der Eingüsse zerstört. Diese müssen daher reichlich gross sein, um einen schnellen Guss zu gestatten, an ihrer Einmündung in die Gussform aber einen möglichst langgestreckten, also schwachen Querschnitt haben.

Die Gussstücke werden in schnell umgedrehten Trommeln, auf Rüttersieben oder mit der Hand vom anhängenden Sande befreit, zuweilen noch mit Bimsstein oder Sandstein geputzt oder in stark verdünnte Schwefelsäure gelegt und einige Stunden hindurch gebeizt, darauf in Wasser abgewaschen und auf erhitzten Platten oder in Sägespähnen getrocknet.

Glühöfen.

Die ältesten von Réaumur beschriebenen Oefen zum Glühen der Gusswaaren enthielten einen aus drei Kammern bestehenden gemauerten Raum. Zwischen den drei Kammern lagen die mit Holz beschickten Feuerräume, welche von den Kammern, in denen die Gusswaaren geglüht wurden, durch eiserne Platten getrennt waren [1]). Einen ganz ähnlichen Apparat hat 1861 Davies wieder vorgeschlagen.

Fig. 143.



Glühofen. Verticalschnitt. 1/30.

Später wendete man cylinderförmige Oefen an, in welchen die Glühtiegel in mehreren, oft drei bis vier Reihen übereinander aufgestellt wurden. Jetzt bedient man sich ziemlich allgemein einfacher, parallelepipedischer überwölbter Kammern, deren Sohle in gleicher Ebene mit der Hüttensohle liegt und die an einer Seite mit einer ihrer ganzen Breite entsprechenden Thür versehen sind. Zu beiden Seiten des Raumes liegen Roste, von denen aus die Flamme in das Innere des Ofens schlägt und dort die die Gusswaaren enthaltenden Kästen der Regel nach direct umspült, um schliesslich durch eine oder mehrere auf die First des Gewölbes gestellte Essen zu entweichen.

---

[1]) Vergl. Mechan. Magazine 1861, p. 287.

Eine namentlich für feinere Gusswaaren vortheilhaftere Construction ergiebt sich aus den Figuren 143 bis 145. Hier ist der eigentliche Glüh-

Fig. 144.

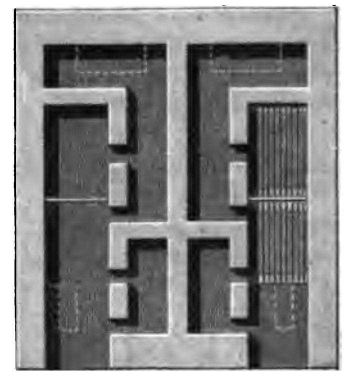
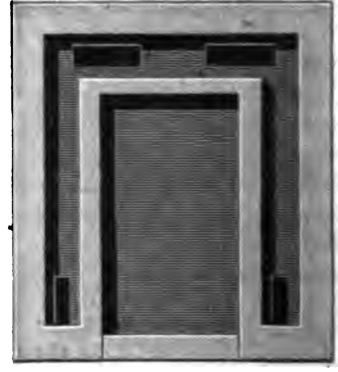


Fig. 145.



Glühofen. 1/50.
Horizontalschnitt nach *A B*. Horizontalschnitt nach *C D* (Fig. 143).

raum in Form einer oben offenen Muffel angelegt und wird daher nur von den Flammgasen umspült.

Fig. 146.

Regeneratorglühofen. Verticalschnitt nach *A B* (Fig. 148). 1/60.

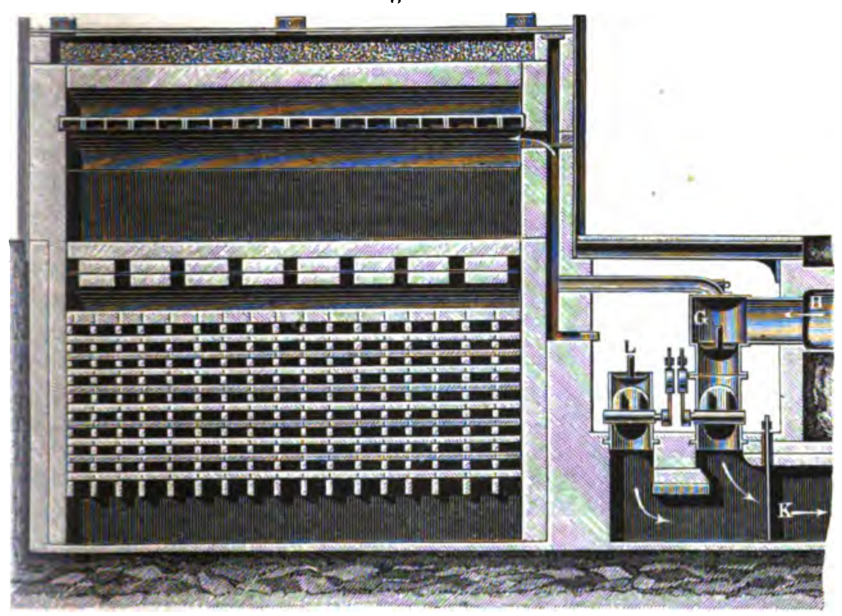
Auch mit Regeneratoren versehene Glühöfen sind von Siemens construirt und in Birmingham in Anwendung gebracht worden. Ein

solcher ist in den Figuren 146 bis 148 in zwei verticalen und einem horizontalen Querschnitt abgebildet.

Die Zugangsthüren *a* erscheinen hier ungewöhnlich klein construirt.

Mit Recht schlägt Mallet 1868, wie bereits vier Jahre früher der Verfasser gethan, Ringöfen vor, welche nach Art der Hoffmann'schen Ziegelöfen [1]) mit Kammern versehen sein sollen, die der Reihe nach besetzt und entleert werden. Bei einer solchen Einrichtung würde

Fig. 147.



Verticalschnitt nach *E F* (Fig. 146). $^1/_{60}$.

sicherlich am besten die Wärme ausgenutzt werden. Sie verlangen indessen eine stets gleiche, regelmässige Production und sind daher nur für sehr bedeutende Werke anwendbar.

Zuweilen wird der Raum zwischen den Ofenwandungen und den Glühgefässen mit Zündern ausgefüllt, welche nur schwer und theilweise verbrennend die eisernen Gefässe sehr gut gegen zu schnelle Oxydation schützen.

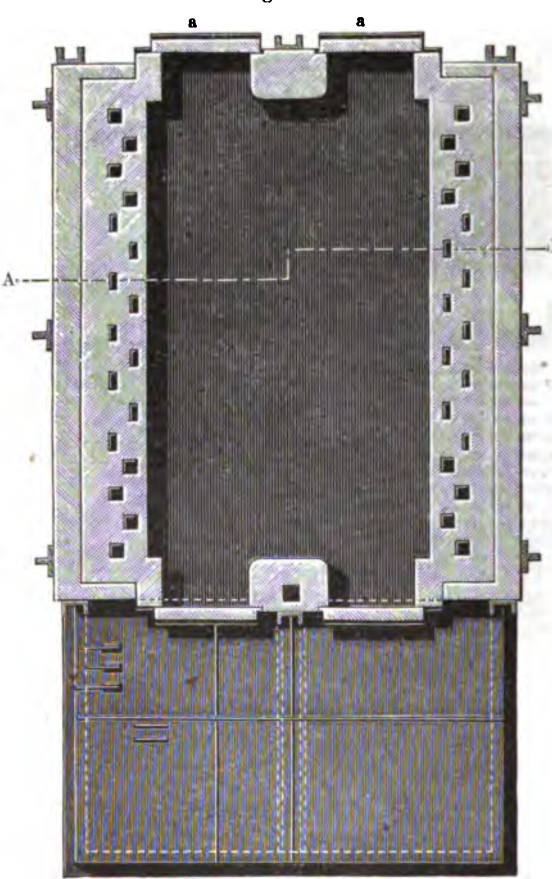
Roberts [2]) hat einen cylindrischen, mit abnehmbarem Gewölbe versehenen, daher von aussen leicht zugänglichen Raum vorgeschlagen, der von aussen vom Feuer umspült wird, doch ist gegen diesen die schlechte Ausnutzung der Wärme einzuwenden.

Besser sind die von Dalifol [3]) vorgeschlagenen Flammöfen mit zwei

[1]) Vergl. Muspratt-Stohmann-Kerl, techn. Chemie. — [2]) Pract. Magazine 1874, S. 353. — [3]) Armengaud's Génie industr. 1863, S. 306, und Berg- und Hüttenm. Ztg. 1864, S. 399.

Rosten, deren Gase vier eiserne Cylinder umspülen. Die Flamme tritt in den Raum, in dem letztere enthalten sind, an der Sohle ein, geht dann von der First in einem verticalen Kanale abwärts und zur Esse. Die Glühröhren sind unten und oben eingemauert und der Deckel wie der Boden befinden sich in einem besonderen, leicht zugänglichen Raume. Der Bodenraum dient gleichzeitig zum Abfluss des etwa durch zu hohe Temperatur geschmolzenen Roheisens.


Fig. 148.



Horizontalschnitt nach *G H.* (Fig. 146). 1/60.

Ohne günstigen Erfolg hat man einen Gebläseschachtofen versucht, in dessen Mitte auf einem Sitze der bedeckte Tiegel steht [1]).

Man darf bei der Construction der Glühöfen nicht vergessen, dass es nicht auf hohe Temperatur ankommt, sondern vielmehr auf eine allmälig gesteigerte, auch im Maximum Kupferschmelzhitze nicht übersteigende, gleichmässig vertheilte Hitze. Einfache Zugöfen erfüllen vollständig den Zweck und will man eine bessere Ausnutzung der Wärme eines Brennmaterials erzielen, als dies bei einfacher Rostfeuerung möglich ist, so muss man zu Unterwind oder am besten zu Gasfeuerungen übergehen.

Als Heizmaterial kann, da es eben nicht auf hohe Temperaturen ankommt, sondern nur auf eine gleichmässige Wärme, jeder Brennstoff angewendet werden und in der That kommen auch Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle und Koks zur Benutzung.

---

1) Conf. loc. cit.

Die Glühtöpfe.

Die Glühtöpfe sind der Regel nach aus Gusseisen hergestellt, welches nicht so schnell verbrennt und abgenutzt wird, als Schmiedeisen, welches zuweilen auch versucht worden ist. Die Glühtöpfe sind entweder cylinder- oder würfelförmig. Im ersteren Falle haben sie der Regel nach circa 30 cm Durchmesser und 40 cm Höhe. Die Wandung ist 1 bis 1·5 cm, der Boden 2 cm stark. Der letztere ist mit drei angegossenen Füsschen versehen, welche ein Durchspülen der Flamme gestatten. Bei kleineren Gusswaaren (z. B. in Schaffhausen und Wiener Neustadt) sind sie nur 31 cm hoch und 16 cm im Durchmesser. Die cubischen Kästen haben circa 32 cm Seite, eine gleiche Wand- und Bodenstärke von 2·6 cm und besitzen vier Füsse. Beide Arten von Gefässen werden oben durch einen mit innerem Rande versehenen und daher ziemlich luftdicht schliessenden Deckel verschlossen.

Der Fassungsraum eines cylindrischen Gefässes ist der Regel nach zu 20 bis 30 Kg, der eines Kastens zu 100 bis 120 Kg Gusswaaren eingerichtet. Selten kommen Gefässe vor, welche bis 500 Kg fassen.

Die gusseisernen Gefässe halten der Regel nach nicht viel über 15 bis 20 Glühungen aus, werden aber stets wieder als Zuschlag beim Schmelzmaterial verwendet. Sie bestehen aus möglichst grafitischem Gusseisen, um nicht dem Oxydationsprocesse mit zu unterliegen. Schmiedeiserne Gefässe sind in kaum drei Hitzen zerstört. Zuweilen werden die gusseisernen Gefässe, welche dann Tiegelform erhalten, in grössere thönere gestellt und der Raum zwischen beiden erhält eine Füllung von Holzkohlenklein.

Ein Ofen fasst von einem bis zu 50 Gefässen, der Regel nach sind die Oefen für 12 bis 18 derselben eingerichtet. In Schaffhausen bei Fischer bestehen solche zu 9, 28 und 48 Gefässen [1]).

Das Glühmittel.

Als Glühmittel wird vorwiegend ein möglichst quarzfreier Rotheisenstein in Pulverform angewendet. Am meisten hat sich auch hier der Cumberländer Hämatit bewährt, doch sind andere, namentlich mulmige Rotheisenerze nicht minder brauchbar, wenn sie nur erstens nicht als Eisenglanz, d. h. krystallisirt, auftreten, zweitens nicht quarzreich und drittens schwefelfrei sind. Ein Phosphorgehalt hat keinen nachtheiligen Einfluss.

In Oesterreich, Thüringen und anderen Orten wendet man auch bei reichlichem Luftzutritt gerösteten, sogenannten gebrannten Spatheisenstein oder geglühten Brauneisenstein an. Weniger gut wirken Hammerschlag, Magneteisenstein oder gewöhnlich gerösteter Spatheisenstein, welcher in Oxydoxydul besteht [2]), und Braunstein (Mangansuperoxyd). Zinkoxyd

[1]) Dingler's Polytechn. Journ. 1860. — [2]) Vergl. Abtheil. I, S. 270, 275; Abtheil. II, S. 411.

ist vorgeschlagen, aber nicht bewährt gefunden worden. Andere nicht Sauerstoff abgebende Substanzen, wie Thon, Sand wirken, wie oben Seite 467 auseinandergesetzt, nicht chemisch ein, Kohle u. s. w. umgekehrt, den Kohlenstoff vermehrend.

Das Glühmittel wird nach jedem Processe theilweise erneuert, d. h. durch frisches Material ersetzt. Dies geschieht in grösserem Maasse bei stärkeren Stücken, als bei schwachen. Der Regel nach wird $^1/_4$ bis $^1/_3$ bei kleineren, $^1/_3$ bis $^1/_2$ bei grösseren Stücken durch frisches Material ersetzt, das alte dagegen gemahlen und gesiebt, an einzelnen Orten auch mit Wasser besprengt und an der Luft behufs erneuter Oxydation liegen gelassen.

Das Glühpulver wird nicht in ganz feinen Zustand übergeführt, sondern in Körnern von der Grösse mittleren Mauersandes benutzt.

Beim Einsetzen in den Glühkasten wird zuvörderst auf den Boden des Gefässes eine 4 cm starke Schicht Glühpulver geschüttet, darauf kommt die erste Schicht der Gusswaaren. Zwischen je zwei Stücken muss mindestens ein Zwischenraum von 1 bis 1·5 cm bleiben. Nachdem diese Zwischenräume mit Glühpulver gefüllt sind, wird das Ganze mit einer 1 bis 2 cm starken Schicht Glühpulver bedeckt und darauf kommt wieder eine Schicht Gusswaaren u. s. f. Zuoberst kommt eine Lage Glühpulver von 4 cm, zuletzt noch eine Sandschicht, in die der Deckel mit den vorspringenden Leisten eingedrückt wird. Im übrigen bleibt die Deckelfuge unverschmiert.

Sehr wesentlich ist es, nicht nur jede Schicht aus gleich starken Gusswaaren zu bilden, sondern auch den Besatz jedes Glühkastens, am besten sogar den ganzen Ofensatz aus möglichst gleich starken Gusswaaren zu bilden. Sollen verschiedenartig starke Gusswaaren gleichzeitig geglüht werden, so kommen die mit den stärksten besetzten Kästen an die heissesten Stellen des Ofens.

Das Glühen.

Sind die Glühtöpfe in den noch warmen oder vorher angewärmten Ofenraum eingesetzt, so wird ganz langsam angefeuert. In 18 bis 24 Stunden hat man bei kleinen (unter 2·5 cm starken) Gusswaaren die erforderliche Temperatur (Kirschrothglut) erreicht. Auf dieser erhält man den Ofen 60 bis 80 Stunden hindurch und lässt ihn dann 24 bis 36 Stunden hindurch langsam abkühlen. Nach dieser Zeit werden die Einsatzthüren, welche vorher schon theilweise geöffnet waren, ganz herausgezogen oder aufgeklappt und die Töpfe aus dem noch immer über handwarmen Ofen mit Zangen herausgezogen, um auf der mit eisernen Platten belegten Hüttensohle ganz abzukühlen.

Das Herausnehmen der Gusswaaren aus dem Glühpulver darf nicht eher geschehen, als bis das Innere der Kästen auf Handwärme abgekühlt ist,

sonst verlieren die Gusswaaren die an ihnen beliebte violett schimmernde schwarze Farbe [1]).

War man aus Mangel an Bestellungen auf hinreichende Mengen starker (über 2·5 cm dicken) Gusswaaren genöthigt, solche mit schwächeren gleichzeitig zu glühen, so pflegt man dieselben nochmals einzusetzen. Doch soll dieses Verfahren das Aussehen des Productes gegen ein einmaliges fortgesetztes Glühen wesentlich verschlechtern.

Nach Mallet werden in England die Töpfe gewöhnlich Montags eingesetzt. Am Abend wird angezündet und die Temperatur die ganze Woche hindurch bis schliesslich zu einer deutlichen gelbweissen Glühhitze [2]) gesteigert. Diese Temperatur wird mindestens 24 Stunden bei vollkommen luftdicht verschlossenem Ofen erhalten, worauf unter Zutritt einer geringen Luftmenge die Abkühlung beginnt, so dass am Mittwoch die vermauerte Einsatzthür geöffnet und das Herausnehmen der Töpfe begonnen werden kann.

Die fertigen Gusswaaren werden entweder mit Hand oder in Trommeln von anhaftendem Glühpulver gereinigt und sind dann theils fertig zum Verkauf (wie Nägel, Haken, Beschläge), theils werden sie in Schlosserei und Schmiede weiter verarbeitet, an einzelnen Theilen unter dem Hammer ausgereckt oder ausgeplättet, dann polirt, lackirt, grafitirt, verzinnt u. s. w.

Der chemische Process.

Dr. W. A. Miller untersuchte zuerst die Beschaffenheit von schmiedbarem Guss vor und nach dem Glühen.

Er fand [3]):

	Vor dem Glühen		Nach dem Glühen	
Amorphen Kohlenstoff	2·217	2·800	0·434	0·880
Grafit	0·583		0·446	
Silicium		0·951		0·409
Aluminium		Spur		Spur
Schwefel		0·015		0·000
Phosphor		Spur		Spur
Sand		0·502		—
Specifisches Gewicht		7·684		7·718

Hiernach sind ungefähr $^4/_5$ des amorphen Kohlenstoffs entfernt, der Grafitgehalt ist nur unwesentlich geändert worden. Dies entspräche den allgemeinen Voraussetzungen [4]), wenn angenommen wird, dass das Glühpulver gerade so, wie sich beim Glühen auf der Oberfläche des Eisens bildendes Oxydoxydul, wirkt.

---

[1]) Vergl. Dürre, Dingl. Polytechn. Journ. 1871, S. 27. — [2]) Der Verfasser hat bei seinem Besuche englischer Werke nirgends mehr als helle Kirschrothglut wahrnehmen können. — [3]) Vergl. Abtheil. I, S. 143. — [4]) Vergl. S. 11.

Ferner ist aber Silicium zur Hälfte, Schwefel ganz entfernt worden. Ersteres ist geradezu unerklärlich.

Mallet schloss unter der Voraussetzung der Zuverlässigkeit der Analysen, dass beide Proben nicht zusammengehört hätten und gründet darauf weiter seine Theorie, nach welcher eine Entkohlung überhaupt bei diesem Processe nicht stattfinde, oder wenigstens unwesentlich für den Erfolg sei, der seiner Ansicht nach lediglich einem Tempern zugeschrieben werden müsse.

Seit jener Zeit (1871) hat **Davenport** weitere Untersuchungen angestellt [1]). Er untersuchte zwei Stücke aus gutem Holzkohlenroheisen von circa 6 bis 7 mm Stärke, welche zweimal geglüht wurden, jedesmal vor und nach dem Glühen. Das Roheisen war auf dem Bruche weiss, ohne jeden Grafit, die geglühten Gegenstände hatten die mittlere Zähigkeit des Schmiedeisens und diese wuchs nicht wesentlich nach dem zweiten Glühen.

I. Gusswaaren No. 1.	a.	b.	Mittel
	Vor dem Glühen:		
Kohlenstoff	3·44	3·42	3·430
Silicium	0·44	0·45	0·445
Schwefel	0·064	0·054	0·059
Phosphor	0·29	0·34	0·315
Mangan	0·524	0·534	0·529

II. Gusswaaren No. 1.	Nach dem ersten Glühen		
	a.	b.	Mittel
Kohlenstoff	1·53	1·49	1·510
Silicium	0·440	0·436	0·438
Schwefel	0·062	0·072	0·067
Phosphor	0·323	0·330	0·327
Mangan	0·57	0·60	0·585

III. Gusswaaren No. 1.	Nach dem zweiten Glühen		
	a.	b.	Mittel
Kohlenstoff	unter 0·10 Proc.		—
Silicium	0·447	0·451	0·449
Schwefel	0·086	0·081	0·083
Phosphor	0·31	0·32	0·315
Mangan	0·51	0·54	0·525

IV. Gusswaaren No. 2.	Vor dem Glühen		
	a.	b.	Mittel
Kohlenstoff	3·50	3·43	3·465
Silicium	0·59	0·58	0·585
Schwefel	0·11	0·10	0·105
Phosphor	0·29	0·27	0·280
Mangan	0·55	0·62	0·585

[1]) American Journal of Science and Arts Vol. IV, October 1872.

V. Gusswaaren No. 2. Nach dem ersten Glühen.

	a.	b.	Mittel
Kohlenstoff	0·43	—	0·430
Silicium	0·616	0·612	0·614
Schwefel	0·152	0·143	0·147
Phosphor	0·290	0·291	0·290
Mangan	0·619	0·613	0·616

VI. Gusswaaren No. 2. Nach dem zweiten Glühen.

	a.	b.	Mittel
Kohlenstoff	unter 0·10 Proc.		—
Silicium	0·615	0·613	0·614
Schwefel	0·161	0·163	0·162
Phosphor	0·29	0·30	0·290
Mangan	0·59	0·56	0·575

Hiernach sind Silicium, Phosphor und Mangan gar nicht beeinflusst worden, der Schwefelgehalt hat sich etwas vermehrt, der Kohlenstoff ist bis auf geringe Mengen vermindert. Die Zunahme des Schwefelgehalts erklärt Davenport aus dem des Brennmaterials.

Das Eisen, welches vor dem Glühen ganz weiss war, zeigte nach dem ersten Glühen eine wesentliche Veränderung auf dem Bruche, indem zwar die Hülle auf 1·6 mm noch weiss war, der Kern aber dunkel, von matt schwarzer Farbe. Die Grenze beider war sehr deutlich. Das Ganze liess sich leicht mit dem Bohrer bearbeiten, welcher das Rohmaterial nicht angriff. Eine Analyse der weissen Schale ergab nur Spuren von Kohlenstoff. Bei No. 2. war der schwarze Kern weit geringer als bei No. 1, was die Differenz in dem Gesammtkohlenstoffgehalt (Analyse II. und V.) hinreichend erklärt. Nach dem zweiten Glühen war der schwarze Kern ganz verschwunden und der Gesammtkohlenstoff auf eine Spur zurückgeführt.

Die weisse Rinde löste sich mit brauner Farbe leicht in Salpetersäure, der graue Kern mit schmuzig grauer Farbe unter Absatz eines kohligen Rückstandes.

Zuweilen zeigen Waaren aus schmiedbarem Guss nicht die gewünschte Festigkeit. Dies rührt theils von einem zu hohen Silicium-, Phosphor- oder Schwefelgehalt, theils von einer krystallinischen Structur, für welche eine hinreichende Erklärung noch nicht gefunden ist.

Die folgenden Analysen sind von zwei Proben, beide von jener krystallinischen Structur, welche aber in der zweiten viel entschiedener ausgebildet war. Bei der ersten erklärt der grössere Gehalt an Unreinigkeiten die Brüchigkeit, bei der zweiten durchaus nicht.

Unreines Eisen.

VII. Vor dem Glühen.

	No. 1.	No. 2.	Mittel
Kohlenstoff	3·277	3·285	3·281
Silicium	0·577	0·580	0·579
Schwefel	0·116	0·112	0·114
Phosphor	0·425	0·423	0·424
Mangan	0·154	0·117	0·135[1]

VIII. Nach dem Glühen.

	No. 1.	No. 2.	Mittel
Kohlenstoff	unter 0·10 Proc.		—
Silicium	0·560	—	0·560
Schwefel	0·113	—	0·113
Phosphor	0·46	0·44	0·450
Mangan	0·136	0·158	0·147

Reines Eisen.

IX. Einmal geglüht, mit grossen Krystallflächen auf dem Bruch.

	1.	2.	Mittel
Kohlenstoff	unter 0·10 Proc.		—
Silicium	0·44	0·46	0·450
Schwefel	0·145	0·133	0·139
Phosphor	0·267	0·266	0·266
Mangan	0·264	0·182	0·223

X. Zweimal geglüht; die Krystallflächen erstrecken sich quer über den ganzen Bruch.

	1.	2.	Mittel
Kohlenstoff	höchstens geringe Spuren		—
Silicium	0·585	0·593	0·589
Schwefel	0·092	0·118	0·105
Phosphor	0·213	0·212	0·212
Mangan	0·149	0·158	0·153

XI. Endlich untersuchte Davenport noch ein Stück schmiedbaren Gusses, welches eine aussergewöhnliche Festigkeit zeigte, obwohl der Siliciumgehalt 0·7 Proc. überstieg.

	1.	2.	Mittel
Kohlenstoff	1·840	1·844	1·842
Silicium	0·717	0·722	0·719
Schwefel	0·035	0·037	0·036
Phosphor	0·206	0·202	0·204
Mangan	0·273	0·268	0·270

Wenn diese Analysen es auch ausser allem Zweifel setzen, dass durch den Sauerstoff des Glühmittels allmälig der ganze Kohlenstoffgehalt des Eisens verzehrt wird, um offenbar in der Form des Kohlenoxyds zu ent-

[1] Im Original sind 0·165 angegeben.

weichen, so ist doch nicht zu leugnen, dass Mallet's Zweifel hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Miller'schen Analysen gegründet waren, denn von einer Entfernung des Siliciums ist in keinem Falle die Rede und man könnte sich auch eine solche Entfernung nicht anders als durch eine Schlackenbildung erklären, welche bei zu hoch gesteigerter Temperatur und beginnender Schmelzung allerdings zuweilen eintreten mag.

Diese Analysen sind aber hinreichend beweisend gegen die Ansichten derer, welche wie Mallet eine Entkohlung leugnen. Interessant bleibt die Ausscheidung von Grafit im Anfange des Glühens. In der II. Abtheilung Seite 790 ist ein mit grauer Schale und weissem Kern versehenes Roheisen angeführt, welches ebenfalls die Eigenthümlichkeit zeigte, beim Glühen ganz grau zu werden. Der Vorgang der Grafitausscheidung oder Entfernung in festem Eisen bleibt immerhin schwer zu erklären.

Es möge hier die Analyse jenes Eisens wiederholt werden, welches von Rothehütte im Harz herstammt und enthielt:

	in der grauen Schale	im weissen Kern
Silicium	2·78	2·80
Phosphor	0·64	0·66
Mangan	0·22	0·21
Grafit	2·26	0·58

Der bei nicht hinreichend geglühten Gusswaaren mit dem Auge deutlich sichtbare Grafitgehalt gab für Mallet die Veranlassung die Erklärung für das Geschmeidigwerden darin zu suchen, dass die Grafitblättchen die biegsamen Verbindungsglieder der einzelnen Eisenmolecüle bildeten und so ohne Aenderung des Gesammtkohlenstoffgehalts die Möglichkeit geben könnten, aus einem sehr spröden ein unter dem Hammer dehnbares Material herzustellen. Diese Erklärung ist gewiss richtig für alles Glühen ohne Oxydation und zeigt, warum auch Gusswaaren aus weissem Roheisen einen gewissen Grad von Schmiedbarkeit annehmen können, wenn sie einfach in schlechten Wärmeleitern, wie Thon, Sand u. s. w., unter Abschluss der Luft langsam erhitzt und abgekühlt werden; aber sie passt nicht für das Glühen mit Oxydation.

Von allen Glühmitteln ist Rotheisenstein oder Eisenoxyd das beste, weil das Material am leichtesten Sauerstoff an den Kohlenstoff, sobald derselbe im amorphen Zustande vorhanden — oder wie man hinzufügen muss, aus diesem Zustande in den höchst fein vertheilten Grafit übergegangen ist —, abgiebt und selbst in Eisenoxydoxydul übergeht, wie man schon in der Praxis an der Farbe sehen kann. Eine theilweise Erneuerung des Glühpulvers ist wohl weniger in so hohem Maassstabe nöthig, weil etwa bereits alles Eisenoxyd in Eisenoxydoxydul umgewandelt sein könnte, als vielmehr deshalb, weil der Rotheisenstein durch anhaltendes Glühen in eine dem Eisenglanz ähnliche Modification übergeht und sich dann ebenso durch schwere Löslichkeit in Säuren als durch Unempfindlichkeit gegen Kohlenstoff beim Glühen auszeichnet.

Im übrigen giebt auch Eisenoxydoxydul noch weiter Sauerstoff ab [1]), kann daher auch in Form von Hammerschlag, Magneteisenstein, geglühtem Spatheisenstein gebraucht werden, ist aber weniger wirksam und schwieriger zu handhaben, weil der Schmelzpunkt verhältnissmässig niedrig liegt.

In Oesterreich gebraucht man indessen nach Karmarsch [2]) thatsächlich gerösteten und gepochten Spatheisenstein, welcher, nachdem er mit den Gusswaaren geschichtet ist, mit Kochsalzlösung übergossen wird. Karmarsch macht mit Recht darauf aufmerksam, dass der Zweck der Kochsalzlösung räthselhaft sei. Jedenfalls ist dieselbe überflüssig.

An Stelle der Eisenoxyde hat 1859 [3]) Pitman zu Eaton in Elisabethport (New-Jersey) Zinkoxyd vorgeschlagen, welches durch den Kohlenstoff in metallisches Zink umgewandelt werden und das bei Anwendung des Rotheisenerzes häufige Anbacken des Glühmittels vermeiden sollte. Der Process wäre, abgesehen von der Unwahrscheinlichkeit, dass sich das so leicht oxydirbare Zink, wie der Erfinder hoffte, in Wasser auffangen lassen würde, viel zu kostspielig, um praktisch zu sein.

Poulet schlug 1870 Eisenoxyd vor, welches in Kali- oder Natronglas wie in einer Schlacke gelöst sein sollte [4]). Aber auch dies Verfahren ist praktisch unausführbar. Wie sollte es gelingen, hier die richtige Temperatur zu finden, und wie unansehnlich würde, die Ausführbarkeit vorausgesetzt, die Oberfläche der Gusswaaren werden!

Bourjot schlug schon 1838 Manganoxyde vor [5]). Da indessen Manganoxydoxydul mit grosser Energie den Sauerstoff festhält und ihn auch nur schwierig an Kohlenstoff abgiebt, wie die Frischprocesse, der Hochofenprocess und andere technische Operationen beweisen, so wird bei dem Glühen nur die geringe Menge Sauerstoff frei und für den Process nutzbar, welche über diese Oxydationsstufe hinaus vorhanden ist, während Eisenoxyde schliesslich bis zum metallischen Eisen reducirt werden können. Hieraus erklärt sich die praktische Erfahrung, dass Manganoxyde, selbst das Bioxyd (Braunstein), weit weniger nützlich sind, als die Eisenoxyde.

Die Analysen haben hinreichend gezeigt, was man im voraus schliessen konnte, dass nämlich Silicium, Mangan und Phosphor gar nicht

---

1) Aus $\left.\begin{matrix}Fe_0\\Fe_3\end{matrix}\right\} O_9 = Fe_6\,O_9$ wird

$\left.\begin{matrix}Fe_2\\Fe_2\end{matrix}\right\} O_8 = Fe_6\,O_8$, dann

$\left.\begin{matrix}Fe_4\\Fe\end{matrix}\right\} O_7 = Fe_6\,O_7$ und endlich metallisches Eisen (Eisenschwamm).

2) Mittheilung. des Gewerbevereins für das Königreich Hannover 1845, S. 391. — 3) Patent, 21. October 1859, Repertory of Patent Inventions 1860, II, p. 68. — 4) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1870, S. 167. — 5) London Journal XIV, S. 16.

entfernt werden können, Schwefel durch die Gase der Feuerung eher vermehrt, als vermindert wird. Grafit, wie er in grauem Roheisen enthalten ist, lässt sich nur schwierig verbrennen und wenn dies geschieht, giebt er grössere Hohlräume, daher ein unganzes, brüchiges Product. Die Verbrennung des amorphen Kohlenstoffs wird durch Mangangehalt des Eisens wesentlich verzögert, wohl wegen der grossen Verwandtschaft beider, wie sich im Spiegeleisen am deutlichsten zeigt, welches auch bei den eigentlichen Frischprocessen nicht ohne vorherige Entfernung des Mangangehalts entkohlt werden kann.

1866 auf der königlichen Eisengiesserei zu Berlin auf des Verfassers Veranlassung mit verschiedenen Eisenarten angestellte Proben ergaben, dass unter ganz gleichen Umständen Spiegeleisen nach 264stündigem Glühen noch nicht nennenswerth verändert war, grafitisches Eisen ganz poröse und brüchige Gusswaaren erzeugte, im übrigen das Product um so besser ausfiel, je weniger Grafit und je weniger Mangan das Roheisen enthielt.

Anwendbarkeit des schmiedbaren Gusses.

Schmiedeisen lässt sich gar nicht, Stahl nur schwierig in scharfe Formen giessen. Roheisen lässt sich zwar giessen, nachher aber durch Hämmern und Schmieden nicht in seiner Form verändern, bietet auch gegen Erschütterungen und Schläge geringen Widerstand. Zwar erlangt man durch den beschriebenen Entkohlungsprocess niemals ein Product, welches an absoluter Festigkeit einem durch einen eigentlichen Frischprocess hergestellten Eisen gleich käme, weil es stets poröser ist; aber die Festigkeit genügt für zahlreiche Zwecke hinreichend. Schmiedbarer Guss fällt namentlich für complicirte Formen viel billiger aus als eigentliches Schmiedeisen, weil die Ueberführung in die gewünschte Gestalt durch Guss erfolgt, nicht durch eine wesentlich von der persönlichen Geschicklichkeit des Arbeiters abhängige Handarbeit.

Aus diesem Grunde stellt man mit Erfolg aus schmiedbarem Guss besonders currente Handelswaaren her, wie Nägel, Haken, Schlosstheile, Gewehrtheile, Beschläge für Wagen, Geschirre, Oefen u. s. w., an denen man leicht einzelne Theile durch Bearbeitung unter dem Hammer noch nachträglich in der Form verändern kann. Auch für gewöhnliche Messer, Gabeln und sonstige Handwerkszeuge lässt sich das schmiedbare Gusseisen gebrauchen. Namentlich gross ist die Verwendbarkeit für Theile von Spinnmaschinen, Säemaschinen und dergleichen Vorrichtungen, an denen viele kleine übereinstimmende Theile complicirter Form vorkommen.

Das specifische Gewicht des schmiedbaren Gusseisens wird sehr verschieden angegeben: Miller fand 7·718, Brüll 7·10 bis 7·35.

Der Bruch der geglühten Gusswaaren ist niemals strahlig, wenn auch die rohe Gusswaare diese Structur zeigte, sondern stets feinkörnig, glänzend weiss, bei nicht vollendeter Entkohlung mehr oder minder grau.

Das schmiedbare Gusseisen lässt sich leicht mit Feile und Meissel bearbeiten, lässt sich biegen, lochen und gut poliren, nimmt indessen eine hohe Politur nur an, wenn es an der Oberfläche von neuem mit Kohlenstoff angereichert worden war.

Aus Stücken, deren Inneres nicht ganz entkohlt war, kann man bei hinreichender Temperatur den grauen Kern ausschmelzen. Die gleiche Erscheinung ist beim Blattelbraten beobachtet worden und findet sich auf Seite 52 beschrieben. Stücke, welche vor dem Glühen grauen Bruch mit deutlichen Grafitausscheidungen zeigten, behalten nachher diesen Bruch bei, der dann aber weit matteren Glanz zeigt. Solche Gusswaaren sind spröde und unbrauchbar, selbst wenn das Eisen sonst rein ist. Ob die krystallinische Structur, von welcher oben berichtet wurde, vielleicht von einer zu weit getriebenen Entkohlung und einer bereits erfolgten Sauerstoffaufnahme des Productes herrührt, muss durch weitere Versuche noch entschieden werden.

2. Der Glühstahl.

Die Entkohlung des Roheisens zum Zwecke der Darstellung eines Products, welches durch weitere Bearbeitung in einen gleichförmigen Stahl umgewandelt werden kann, ist zwar als Vorbereitungsarbeit zum Frischen bereits seit sehr langer Zeit bekannt gewesen [1]), aber der eigentliche Zweck war dort nur die Ueberführung eines grauen Roheisens in weisses und die der Regel nach gleichzeitig beginnende Entkohlung nur nebensächlich. Indessen auch weisses Roheisen wurde durch Braten oder Glühen bei beschränktem Luftzutritte vorbereitet und hierbei fand, wie Tunner [2]) ausdrücklich mittheilt, unter Bildung einer geringen Menge Glühspan an der Oberfläche eine Verminderung des Kohlenstoffs durch die ganze Masse statt. Diese Erfahrung gab für Tunner die Anregung, die Darstellung von schmiedbarem Eisen auf analoge Weise vorzuschlagen, und in der That wurden auch 1850 von Weber zu Glattbach, sowie auf Veranlassung eines Amerikaners von Bilfinger zu Friedrichsthal [3]) dahinzielende Versuche aufgenommen. Aber erst 1855 führte Tunner das Verfahren fabrikmässig bei Leoben ein, wo es noch heutigen Tages, wenn auch in sehr geringer Ausdehnung, besteht.

Das Verfahren Tunner's unterscheidet sich von dem vorher beschriebenen zur Darstellung schmiedbarer Gusswaaren wesentlich dadurch, dass

[1]) Vergl. S. 52 und 53. — [2]) Der wohlunterrichtete Hammermeister 1843 bis 1845. — [3]) Beide Orte in Württemberg. — Nach anderen Quellen (Bergwerksfreund 1852 No. 38) soll Bremme schon 1849 in Westfalen dasselbe Verfahren benutzt haben.

als Oxydationsmittel lediglich der **Sauerstoffgehalt der Luft** dient. Jedoch haben Andere auch dieselben Oxydationsmittel angewendet, welche bei jener Fabrikationsmethode gebräuchlich sind. Ausserdem schlug von Herzeele 1860 statt der Luft Wasserdampf vor, Thoma 1863 Kohlensäure.

Während Tunner's Verfahren eine wenn auch beschränkt bleibende Anwendung gefunden hat, sind die übrigen Methoden nirgends dauernd eingeführt worden.

Entkohlung durch Luft.

Tunner machte 1855 mehrere Versuche in gusseisernen Töpfen mit verschiedenen Sauerstoff abgebenden Pulvern, um Vergleiche über die Nützlichkeit derselben im Gegensatz zu der Wirksamkeit eines beschränkten Luftzutritts anzustellen. Er fand, dass die Luft ungefähr gleich dem Sauerstoff des Manganbioxyds wirke, also sehr schwach, dass dabei aber auch die Glühspanbildung sehr gering ausfallen könne. Als Mittel zur Beschränkung des Luftzutritts fand Tunner grobkörnigen Quarzsand am besten.

Der Process wird jetzt in der aus gebranntem Thon gebildeten Kiste (einem parallelèpipedischen Kasten) eines Stahlcementirofens [1]) ausgeführt. Die zu glühenden Stücke weissen Roheisens werden in circa 2 cm [2]) starken Stangen, die durch Abstich direct aus dem Hochofen in Schalen (gusseisernen Formen) erhalten werden, angewendet. In eine Kiste kommen circa 5000 Kg Roheisen, welche in 15 bis 35 Tagen in Stahl umgewandelt sind. Dabei findet ein Abgang von 4 Proc. am Gewicht statt und als Brennmaterial werden an Braunkohlen 5 bis 10 Proc. des Roheisengewichts verbraucht.

Das Product ist sehr ungleichförmig. Die Entkohlung ist nicht nur an den Rändern jedes Stückes weiter vorgeschritten als in der Mitte, sondern auch am Boden und Deckel der Kiste mehr als in der Mitte, weshalb eine Verbesserung durch Schweissung zwar angänglich, durch Schmelzung aber am vortheilhaftesten ist, eine directe Verwendung wenn auch am billigsten, doch nur zu untergeordneten Zwecken stattfinden kann.

Entkohlung durch Oxyde.

Jullien hat 1852 ein ähnliches Verfahren mit Oxyden eingeführt [3]), aber auffallender Weise als Materialroheisen grafitisches angewendet. Er goss das Roheisen absichtlich, um graues Gusseisen zu erhalten, in Sand- oder erwärmte Eisen-Formen, letzteres im Vorzuge, um Verunreinigung durch anhängendem Sand zu vermeiden.

---

[1]) Ein solcher Ofen wird bei der Cementstahldarstellung genau beschrieben und abgebildet werden. — [2]) Auch 6 cm breit, 1·5 cm stark. — [3]) Dingl. polyt. Journ. 1853, S. 276.

Die gegossenen Stäbe wurden entweder durch Eisenoxyde entkohlt, wobei Hammerschlag wegen seiner Freiheit von Kieselsäure am brauchbarsten gefunden wurde, oder durch Zinkoxyd, welches sich in Form von Galmei, d. h. kohlensaurem Zinkoxyd, dessen Kohlensäuregehalt zuvörderst verflüchtigt wird, am meisten bewährt haben soll. Auch Manganoxyde, Zinnoxyde, Bleioxyde sollen mit Erfolg angewendet worden sein, was bei den letzteren beiden mit Rücksicht auf den geringen Schmelzpunkt der betreffenden Metalle mindestens sehr fraglich ist.

Die entkohlten Stäbe wurden direct zu Blechen oder schwächeren Stäben ausgereckt und danach durch Cementation wieder höher gekohlt.

Entkohlung durch Wasserdampf.

Herzeele ist auf sein Verfahren — nach handschriftlichen Mittheilungen desselben — durch den Wunsch gekommen, die Entkohlung vollständiger in der Gewalt zu haben, als dies die Benutzung von Luft oder Oxyden gestattet. Das Verfahren besteht in vier Operationen:

1. im Schmelzen des Roheisens in Kupol- oder Flammöfen,
2. im Giessen desselben in geschlossene eiserne Formen (Schalen) zu Stangen von 6 bis 7 mm Dicke,
3. im Glühen in einem Strome von Wasserdampf,
4. im Schmelzen des erzeugten Glühstahls.

Die Gusseisenstücke werden zuvörderst in einem Muffelofen zum Glühen gebracht; dann wird Wasserdampf darüber geleitet. Die Entkohlung geht von aussen nach innen voran, es entsteht zuerst eine weisse Schale und ein grauer Kern. Nach 12 bis 14 Stunden ist das ganze Stück hinreichend und zwar, wie Herzeele glaubt, stets bis auf 1·3 Proc. Kohlenstoff entkohlt. Der Kohlenverbrauch beträgt 60 Proc. des Roheisens an Gewicht. Herzeele empfiehlt als Rohmaterial besonders den später zu beschreibenden Kupolofenkohlungsstahl (Parry-Metall)[1].

Paulis zu Paris ist 1862 noch einmal auf dieses Verfahren zurückgekommen. Er machte nur den Unterschied, den Wasserdampf vorher zu überhitzen[2].

Entkohlung durch Kohlensäure.

Die Möglichkeit der Entkohlung des weissen Roheisens durch Kohlensäure, welche Thoma zur Darstellung des Glühstahls vorschlug, darf nicht in Abrede gestellt werden.

Kohlensäure zerlegt sich in höherer Temperatur mit metallischem Eisen in Kohlenoxyd unter Bildung von Eisenoxydoxydul, $\left.\begin{matrix}Fe\\Fe_4\end{matrix}\right\} O_7$, und

[1] Eine Beschreibung der in Witkowitz ausgeführten Proben befindet sich im Oesterr. Jahrb. 1867, S. 236; hiernach enthielten zwei Stahlsorten 1·31 und 1·30 Proc., zwei andere aber 0·86 und 0·87 Proc. Kohlenstoff. — [2] Mining Journal Vol. XXXII, No. 139.

dieses wirkt oxydirend auf den amorphen Kohlenstoff. Die praktische Herstellung einer hinreichend reinen Kohlensäure liesse sich kaum anders als aus Kalkstein ermöglichen und die Schwierigkeit und Kostspieligkeit der gleichmässigen Herstellung für den vorliegenden Zweck ist allein Grund genug von allen Ausführungen im Grossen abzusehen.

Chemische Vorgänge.

Es unterliegt nach dem früher Erörterten keinem Zweifel, dass die Entkohlung des Roheisens bei Anwendung von Luft, Wasserdampf oder Kohlensäure nur durch das an der Oberfläche gebildete Oxydoxydul (Glühspan), niemals durch directe Einwirkung des Sauerstoffs aus diesen Gasen geschieht. Wenn die Glühspanbildung sehr langsam vor sich geht, so wird sie kaum wahrnehmbar sein, weil eine Weiterabgabe des Sauerstoffs an den Kohlenstoff im Innern des Stücks in ziemlich gleichem Maasse stattfindet. Dass diese Entkohlung an einem bestimmten Punkte, wie Herzeele annimmt, gewissermaassen Halt machen könne, ist in keiner Weise bewiesen und auch allen Erfahrungen widersprechend. Es wird vielmehr durch alle Verfahren schliesslich ein ganz entkohltes und darnach sogar ein sauerstoffhaltiges (verbranntes) Eisen erhalten werden können.

Jedenfalls ist unter diesen Umständen die Tunner'sche Methode die billigere und einfachere. Denn sie braucht im Gegensatz zu der Wasserdampfmethode nicht soviel Brennmaterial, weil nicht nur das zur Erzeugung des Wasserdampfes nöthige fortfällt, sondern auch dasjenige, welches erforderlich ist, um die Wärme zu ersetzen, die durch Zersetzung des Wasserdampfes verloren geht.

Bei der Benutzung von Kohlensäure geht durch den chemischen Process der Oxydation weder Wärme verloren, noch wird solche gewonnen [1]).

Von einem ökonomischen Resultate unter Anwendung anderer Oxydationsmittel mit Ausnahme der Eisenoxyde kann wohl kaum jemals die Rede sein. Aber auch die Eisenoxyde müssen stets von günstigerer Wirkung sein, wenn sie mit flüssigem Roheisen angewendet werden, kurz

[1]) Zur Zersetzung des Wasserdampfes werden verbraucht:
Auf 8 Gewichtstheile Sauerstoff . . . . 34 462 Wärmeeinh.
Durch Oxydation des Eisens (oder Kohlenstoffs, was ziemlich gleichbedeutend ist [vergl. Abtheil. II, S. 671 und III, S. 446 und 451], werden erzeugt (8 × 4205) = ... 33 640 „
Bleiben verloren 822 Wärmeeinh.
Zur Zersetzung der Kohlensäure in Kohlenoxyd werden verbraucht:
Auf 8 Gewichtstheile Sauerstoff (vergl. Abtheil. II, S. 671) . . . . 33 642 Wärmeeinh.
Durch Orydation des Eisens werden erzeugt 33 640 „
Es findet im wesentlichen also weder Verlust noch Gewinn an Wärme statt.

wenn einer der eigentlichen Frischprocesse an Stelle der Glühstahlbereitung gesetzt wird.

Von Gottlieb zu Gratz sind zwei den Tunner'schen Glühstahl betreffende Analysen mitgetheilt [1]), welche ergeben:

	im Roheisen	im Glühstahl
Eisen	95·65	98·442
Mangan		0·447
Kohlenstoff	3·34	0·855
Silicium	1·01	0·256

Hiernach müsste man annehmen, dass die Temperatur hoch genug gewesen sei, um eine beginnende Feinung durch Siliciumverschlackung hervorzurufen, denn sonst wäre ebenso wie in der Miller'schen Gusseisenanalyse [2]) die Verminderung des Siliciums nicht zu erklären. Wahrscheinlicher ist indessen wie bei letzterer ein Fehler dadurch begangen, dass, wie Tunner dies auch anführt, das analysirte Stück Gussstahl nicht gerade von demselben Stücke, wenn auch von derselben Sorte des Roheisens stammte.

Richter wiederholte die Untersuchung von Glühstahl und dem zugehörigen Roheisen und fand [3]) in zwei Proben:

	Roheisen		Glühstahl	
Kohlenstoff	3·570	3·420	1·176	1·201
Silicium	0·130	0·110	0·002	0·008
Phosphor	Spur	Spur	—	—
Schwefel	0·009	0·008	0·002	0·001
Mangan	0·610	0·580	0·188	0·210

Auch hier zeigt sich also eine Verminderung von Silicium und Mangan in so auffälligem Verhältnisse, dass man zu der Annahme gezwungen wird, die Temperatur bei der Ausführung des Processes im Grossen steige stets bis zu beginnender Verschlackung und gleiche daher einem Feinprocesse, durch welchen vielleicht das Eisen hinreichend schwerschmelzig wird um eine folgende Entkohlung ohne Schmelzung des Products zu gestatten.

Schlussfolgeruug.

Die Glühstahlbereitung ist wegen des hohen Brennmaterialaufwands, der langen Zeitdauer und der Unvollkommenheit des Products nur für einzelne Verhältnisse, namentlich bei kleinen Productionen, ökonomisch anwendbar. Das Luftverfahren ist dann das allein empfehlenswerthe.

Abänderungen des Verfahrens dadurch, dass man andere entkohlend wirkende Gasarten, unter denen Kohlensäure mit ökonomischem Vor-

[1]) Oesterreichisches Jahrbuch VI, Seite 105. — [2]) Seite 479. — [3]) Vergl. Abtheil. I, S. 143.

theile nur dann praktisch verwerthbar wäre, wenn sie als Nebenproduct gewonnen würde, oder dass man wie bei der Darstellung schmiedbaren Gusseisens feste sauerstoffabgebende Körper anwendet, haben keine Aussicht auf dauernden Erfolg. Sie fallen theurer aus als das Luftverfahren, geben keine besseren Producte und lassen sich weit vollkommener durch die eigentlichen Frischprocesse ersetzen.

Wenn daher die Darstellung des schmiedbaren Gusses für bestimmte Zwecke, bei denen es auf die fabrikmässige Darstellung complicirter Formen ankommt, eine noch bedeutende Ausdehnung voraussetzen und rechtfertigen lässt, so ist Aehnliches nicht von der Glühstahlbereitung zu sagen und es kann nicht empfohlen werden, weitere Versuche in dieser Richtung zum Zwecke etwaiger Vervollkommnung des Verfahrens anzustellen.

E. Der Erzstahl.

Unter Erzstahl versteht man das kohlenstoffhaltige Eisen, welches durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Eisenoxyden unter Abschluss der Luft erhalten wird. Der Process kommt theilweis bei den bereits geschilderten Vorbereitungs- und Frischmethoden mehr oder weniger zur Geltung. Bei den Mischarbeiten ist er Seite 44 beschrieben, beim Herdfrischen und Puddeln ist der Zusatz der Schlacken und Eisenerze vielfach erwähnt (z. B. Seite 84) und namentlich gründen sich die Processe beim Drehpuddeln (Seite 314) auf die Einwirkung der Oxyde des Herdes auf das Roheisen; selbst beim Bessemern ist die Benutzung der Eisenoxyde mehrfach, wenn auch vergeblich versucht worden (Seite 451). Indessen treten die Reactionen zwischen Eisenoxyden und kohlenstoffhaltigem Eisen bei keiner dieser Methoden rein auf, da nirgends der Luftzutritt ganz ausgeschlossen ist. Bei dem Erzstahlprocesse soll im Gegensatz dazu der Sauerstoff der Eisenoxyde ohne jeden Luftzutritt auf den Kohlenstoff des Roheisens wirken.

Geschichtliches. Das Verfahren durch Zusammenschmelzen von Eisenoxyd mit Roheisen ein kohlenstoffärmeres Product als das letztere zu erhalten, war zwar schon lange Zeit hindurch nicht ganz unbekannt, aber als Fabrikationszweig wie es scheint bis zum Jahre 1855 nirgends in Anwendung.

1761 nahm Wood ein Patent auf das Zusammenschmelzen von granulirtem Roheisen mit Hammerschlag oder Garschlacke [1]), 1763 setzte derselbe gepochtes Roheisen an die Stelle des granulirten.

1798 theilt Clouet mit [2]), dass man auf diese Weise Stahl erhalten könne.

---

[1]) Percy, Iron p. 803 und Abridgements p. 6. — Patent. A. D. 1761. Febr. 5. No. 759: A way of making malleable iron from pig or sow metal, commonly called cast-iron, by a method entirely new. Ferner A. D. 1763, July 29, No. 794: Making cast-iron malleable, without charcoal or blast, in an air-furnace. — [2]) Journ. des Mines T. IX, p. 8.

Mushet nahm ein Patent auf Stahldarstellung aus Alteisen (Gusseisen?) mit Zusatz von Erz oder Hammerschlag, und Hassenfratz berichtet in seiner Sidérotechnie über das Verfahren englischer Gussstahlfabriken beim Schmelzen des Cementstahls Erz oder Hammerschlag zuzusetzen.

Auch giebt Mushet [1]) an, dass schon im vórigen Jahrhundert zu Cyfartha in Südwales in Wasser granulirtes Roheisen in Thontiegeln mit Garschlacken, welche 55 bis 60 Proc. Eisenoxyd enthalten haben sollen, geschmolzen worden sei. Die Temperatur genügte hierbei nicht, um das kohlenstoffärmere Product flüssig zu erhalten, dessen einzelne Theile zusammenschweissten und dann direct unter dem Hammer verarbeitet werden konnten [2]).

Im Jahre 1855 endlich nahm Uchatius den Process auf und brachte ihn, wenn auch nur vorübergehend, zu fabrikmässiger Aufnahme auf verschiedenen Werken. Auf einigen derselben hat er sich bis zum heutigen Tage forterhalten, ohne indessen irgendwie eine bedeutende Ausdehnung anzunehmen.

Uchatius'scher Erzstahlprocess [3]).

Roheisen. Als Roheisen wird ein sehr reines Material benutzt. Man hat in Oesterreich steirisches aus Spatheisenstein, in Frankreich (zu Seurin) algierisches aus Rotheisenstein, in Schweden (zu Hedemora, Wikmanshyttan) aus Magneteisenstein, in England (Pontypool, Ebbw Vale) aus Cumberländer Rotheisenstein erblasenes benutzt. In allen Fällen zog man Holzkohlenroheisen vor. Das Roheisen wird durch Einfliessen in bewegtes Wasser, welches die Bewegung durch ein Schaufelrad oder durch den Zerkleinerungsapparat selbst erhält, granulirt. Zu diesem Zwecke zertheilt man es durch einen Besen, eine Centrifugalscheibe, ein Walzenpaar [4]), kann aber jede Methode anwenden, welche Körner von Schrotgrösse liefert.

Entkohlungsmittel. Als Entkohlungsmittel ist von eisenhaltigen Mitteln gerösteter Spatheisenstein, Magneteisenstein, Rotheisenerz, ferner Hammerschlag oder Garschlacke benutzt worden. Von anderen Substanzen findet besonders Braunstein Anwendung.

Für weicheren Stahl setzt man ausserdem nicht selten Schmiedeisenstücke hinzu und geht dadurch in eine Flussstahlerzeugung über, für

[1]) Papers on Iron and Steel 1840, p. 12. — [2]) Vergl. auch Percy, Iron, p. 804, und Annales des Mines V, Série 8, p. 374. — [3]) Patent A. D. 1855. Oct. 1. No. 2189: An Improvement in the process of Manufacturing Cast Steel. Abridgements p. 203, und Percy, Iron 802, ferner Annales des Mines V, Série 8, p. 374 u. f., Mechan. Magazine 1858, p. 244. Polytechn. Centralbl. 1858, S. 699. Dingl. polytechn. Journ. 142 (1856), S. 34. — [4]) Vergl. S. 22.

härteren Stahl auch Holzkohle und hebt damit den entkohlenden Einfluss mehr oder minder wieder auf.

Zuschläge. Als schlackenbildende Zuschläge giebt man ausser Braunstein, dessen Zweck der Regel nach mehr ein entkohlender Einfluss sein soll, auch feuerfesten Thon (Thonerdesilicat), seltener noch alkalische Substanzen, wie Soda, Potasche und dergleichen mehr.

Beschickungen. Uchatius giebt folgende Vorschriften:

für harten Stahl:

Granulirtes Roheisen	1·000	Gewichtstheile
Spatheisensteinpulver	0·250	„
Braunstein	0·015	„

für halbharten Stahl:

Granulirtes Roheisen	1·000	Gewichtstheile
Spatheisenstein	0·250	„
Braunstein	0·015	„
Schmiedeisen	0·125	„

für weichen Stahl:

Granulirtes Roheisen	1·000	Gewichtstheile
Spatheisenstein	0·250	„
Braunstein	0·015	„
Schmiedeisen	0·200	„

Schmelzen. Zuerst wendete man Thontiegel an. Diese wurden aber namentlich da, wo die oben schwimmende Schlacke in Berührung mit den Wandungen trat, sehr schnell zerfressen. Man ging daher bald zu Grafittiegeln über [1]), welche sich besser halten. Man formt dieselben theils cylindrisch, 0·4 m hoch, 0·16 m weit, theils giebt man ihnen die Gestalt der gewöhnlichen Gussstahltiegel, welche später abgebildet und beschrieben werden sollen. Jeder Tiegel fasst 30 bis 40 Kg Roheisen sammt Zuschlägen. Die Tiegel kommen einzeln oder zu zweien in einen Windofen, welcher unten mit Rost versehen ist und mit Koks oder Holzkohle gefeuert wird. Oefen für einen Tiegel erhalten 0·3 m lange Seiten, 0·6 m Höhe vom Rost bis zu der durch einen Schiebedeckel verschlossene Mündung, welche der Regel nach in einer Ebene mit der Hüttensohle liegt. Das Schmelzen dauert, wenn die Tiegel vor dem Einsatz rothglühend waren, $1^1/_2$ bis $1^3/_4$ Stunden. An Koks verbraucht man 2·3 bis 3 Gewichtstheile auf 1 Gewichtstheil Roheisen. Der flüssige Stahl wird in eiserne Formen gegossen, wobei die reichliche Schlacke sorgfältig zurückgehalten werden muss [2]).

Ausbringen. Bei einem durchschnittlichen Zusatz von 20 bis 25 Proc. Eisenoxyden erhält man der Regel nach ein Mehrausbringen von 6 Proc. gegen den Roheiseneinsatz.

---

[1]) Polytechn. Centralbl. 1858, S. 699. [2]) Zu Pontypool in Süd-Wales hat man vorübergehend 200 Oefen zu je 2 Tiegeln à 50 Kg täglicher Production gehabt. Auf 950 Kg granulirtes Roheisen verbrauchte man 200 Kg gepulvertes Oxyd, zum Schmelzen 3000 Kg Koks. Jede Schmelze von 10 bis 12 Kg Roheisen dauerte 105 Minuten. Schwedisches Roheisen bewährte sich am besten.

Abweichungen.

Statt der natürlichen Eisenoxyde oder des als Nebenproduct bei der Eisenverarbeitung abfallenden Hammerschlags ist auch vorgeschlagen, das Oxydationsmittel zuvörderst aus Eisen herzustellen. Zu diesem Zweck hat man theils Roheisen, theils Schmiedeisen absichtlich oxydirt und es dann mit unoxydirtem Roheisen zusammengeschmolzen.

Bei dem ersten Verfahren, welches von Tunner mitgetheilt ist [1], wird Roheisen im glühenden Zustande unter Stempeln oder Hämmern zu feinem Sande gepocht und gesiebt. Ein Theil des abgesiebten feinsten Korns wird durch Glühen oxydirt und dann mit dem übrigen rohen Eisensande in Tiegeln unter Zusatz von etwas Braunstein auf Stahl verschmolzen.

Ellershausen in Ottawa [2] benutzte Schmiedeisen. In einen von unten geheizten cylindrischen Raum wird nach diesem Verfahren spiralförmig aufgerolltes Eisenblech eingesetzt; dasselbe, nachdem ein feuerfester Deckel aufgelegt ist, unter Zuführung eines lebhaften Luftstromes bis zur Weissglut erhitzt und oxydirt. Hiernach werden die über dem Boden einmündenden Feuerkanäle durch Schieber aus feuerfestem Thon geschlossen. Sodann wird geschmolzenes Roheisen in den Cylinder gefüllt und nachdem die Reaction gehörig vollendet, der flüssige Stahl durch eine bis dahin verschlossene seitliche Oeffnung am Boden abgestochen.

Andere Oxydationsmittel, wie arsenige Säure, welche von Obuchow vorgeschlagen wurde [3], salpeter- oder chlorsaures Kali, welche mehrfach versucht worden sind, bewähren sich wegen ihrer leichten Flüchtigkeit oder Schmelzbarkeit durchaus nicht, da um den nöthigen wirksamen Sauerstoff zu erhalten, eine ungemein grosse Menge der an sich schon kostspieligen Substanzen angewendet werden muss.

Chemische Vorgänge.

So einfach, wie der Process auf den ersten Blick erscheint [4], ist er in der That nicht. Von den meisten Autoren, welche diesen Gegenstand behandeln, wird angenommen, dass sich der Kohlenstoff des Roheisens

---

[1] Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1859, S. 390. — [2] Polytechn. Centralbl. 1869, S. 247. — [3] Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1861, S. 59, 113, 381 u. a. a. O. — [4] Percy bemerkt (Iron, p. 302): The Theory of the process is so ob. vious as scarcely to need a word of explanation. —

zum Theil durch den Sauerstoff des zugesetzten Eisenoxydes zu Kohlenoxyd oxydire und die entsprechende Menge des reducirten Eisens der ursprünglich eingesetzten Menge metallischen Eisens hinzutrete, deren Gesammtgehalt an Kohlenstoff nunmehr dem des gewünschten Stahls entspreche.

Hiernach würden, wenn reines Eisenoxyd als Oxydationsmittel benutzt wird, durch jedes Gewichtstheil Kohlenstoff, um welches das Roheisen ärmer wird, $\frac{4}{3}$ Gewichtstheile Sauerstoff verbraucht und $\frac{28}{9}$ Gewichtstheile Eisen reducirt werden, mithin $2^1/_9$ Theile an Gewicht gewonnen. Wenn also aus 100 Gewichtstheilen Roheisen mit 4 Proc. Kohlenstoff 3 Proc. oxydirt werden sollen, erhielte man 106·33 Gewichtstheile Stahl mit 1 Gewichtstheil oder 0·94 Proc. Kohlenstoff.

Der Verlauf wird aber in den meisten, vielleicht in allen Fällen selbst dann, wenn reines Eisenoxyd als Entkohlungsmittel benutzt wird, ein ganz anderer sein. Vor beginnender Schmelzung wirkt das Eisenoxyd auf das Roheisen wie bei der Darstellung schmiedbaren Eisens. Sobald aber Schmelzung eintritt, sickert das Roheisen auf dem Boden zusammen. Je dicker die Schicht von Eisenoxyd ist, durch welche es fliessen muss, um so mehr Berührungspunkte finden sich, um so stärker ist der Einfluss, der aber durchaus nicht mehr der einer einfachen Entkohlung ist. Vielmehr wird durch den Oxydsauerstoff zuvörderst Silicium und Mangan oxydirt und es bildet sich eine Schlacke, welche wenn das Oxyd an sich kieselsäurehaltig war, durch die direct aus demselben gebildeten Schlacken vermehrt wird. Diese Schlacken schwimmen auf dem Eisenbade und wirken nunmehr ganz entschieden ebenso gering auf Entkohlung, wie eine Puddelschlacke ohne den Rührprocess es thun würde. Gewiss ist daher, dass die Entkohlung nicht allein von der Menge des zugeführten Oxydes abhängt, sondern von der hinreichenden Berührung zwischen Roheisen und Oxyd vor und während des Schmelzens. Daher ist zur guten Ausführung des Processes auch ein langsames Anfeuern am allergünstigsten. Bei einer schnellen Schmelzung wird mit dem Beginn derselben eine wesentliche Einwirkung vorüber sein und daher erklärt es sich auch, warum bei der Verarbeitung grauen Roheisens in hoher Temperatur ein sehr grafitreicher Stahl erfolgt. Der Grafit wird vor dem Schmelzen nicht angegriffen und da beim Schmelzen nicht hinreichend Silicium verschlackt wird, bleibt er in dem Producte, welches durch den Gehalt daran, sowie an rückständigem Silicium entschieden schlecht für den directen Gebrauch ausfällt. Im übrigen muss ein Erz um so wirksamer sein, je weniger Kieselsäure es enthält und je schwerer schmelzbar es an sich ist.

Schwefel wird unter günstigen Umständen vor dem Schmelzen oxydirt, geht aber bei Vorhandensein grösserer Mengen und schnellem Schmelzen nicht nur nicht fort, sondern noch aus dem Erze in das Product.

Phosphor wird weder oxydirt noch reducirt, der Gehalt des Roheisens daran bleibt also bestehen und es vermindert sich der procentale Gehalt im Stahl um ein Weniges durch das Hinzutreten des reducirten Eisens.

Schlussfolgerungen.

Die Erzstahlbereitung in Tiegeln ist nicht für grosse Productionen geeignet, erfordert einen sehr hohen Brennmaterialaufwand und liefert nur bei sehr sorgfältiger Arbeit und vorzüglichen Rohmaterialien Producte von genügender Beschaffenheit. Dass die Erzeugung der besten Stahlsorten auf diese Weise möglich ist, beweist der Erzstahl, welcher von Schweden aus in den Handel kommt, der aber allerdings aus sehr reinem und siliciumarmem Roheisen und beinahe gangartenfreiem Eisenoxydoxydul (Magneteisenerz) erzeugt wird.

Als Ursachen für die der Regel nach schlechte Beschaffenheit des Erzstahles ist anzuführen: Phosphor- und Schwefelgehalt des Roheisens, welche, der erste ganz, der zweite grösstentheils in den Stahl übergehen, Schwefelgehalt des Erzes, welcher zum Theil in den Stahl übergeht, Siliciumgehalt des Roheisens, welcher, wenn das Schmelzen nicht langsam vor sich geht, im Stahl bleibt, endlich Grafitgehalt des Roheisens, welcher unter denselben Umständen im Product sich vorfindet.

Hierzu kommt noch schliesslich ein Sauerstoffgehalt, wenn zu viel Erz angewendet und keine hinreichend flüssige Schlacke erzeugt wurde. Auch mechanisch eingemengtes Erz kann den Stahl ganz unbrauchbar machen.

Dagegen gestattet der Erzstahlprocess die directe Verwendung einer kleinen Menge Erz, welches zu Eisen reducirt wird, ohne den Hochofen passiren zu müssen. Dieser letztere Vortheil hat Veranlassung gegeben, den Versuch zu machen, den Process in grösserem Maassstabe im Flammofen auszuführen und ihn dann wo möglich mit einer Reductionsarbeit zu verbinden.

Erzstahlarbeit im Flammofen.

Schon frühzeitig haben diejenigen, welche sich mit den Versuchen beschäftigten, schmiedbares Eisen direct aus Erzen zu erzeugen, den Uebelstand der erneuten Oxydation des durch Reduction in sehr fein vertheiltem Zustande, als Eisenschwamm, erhaltenen Eisens dadurch zu vermeiden gesucht, dass sie ein Roheisenbad zu Hülfe nahmen, von welchem das Eisen aufgenommen werden sollte. Ist in der That alles

Eisenoxyd reducirt und ist bis zum Eintauchen in das Roheisenbad jede erneute Oxydation vermieden worden, so gehört die Arbeit nicht hierher, sondern bildet eine besondere Art der Flussstahldarstellung, auf welche im nächsten Abschnitt eingegangen werden wird. Je mehr dagegen von dem Eisen wieder oxydirt worden ist oder je weniger vorher reducirt worden war, um so mehr nähert sich die Arbeit einem Erzstahlschmelzen. Dieses Verhältniss ist Seite 260 u. f. bei Gelegenheit des Puddelprocesses unter den eisenhaltigen Zuschlägen ausführlich besprochen worden.

Es bleibt nur noch übrig zu untersuchen, in wie weit der Erzstahlprocess Anwendung finden könnte als Ergänzung an sich unvollkommener Reductionsprocesse, wie z. B. der Seite 269 u. f. beschriebenen Niederschlagsarbeit.

Versuche, welche bereits Seite 273 erwähnt worden sind, haben in der von Siemens vorgeschlagenen Weise keine günstigen Resultate ergeben. Kerpely, welcher dieselben zum Theil leitete [1]), beschreibt die Erfolge als durchaus ungenügend.

Als Erze wurden Brauneisenstein von Gyalar in Siebenbürgen benutzt, welche in zwei Proben enthielten:

	a.	b.
Eisenoxyd	74·21	75·24
Manganoxyd	5·06	7·00
Kieselsäure	7·15	6·09
Kalkerde	1·75	1·50
Thonerde	3·50	4·00
Magnesia	0·84	0·56
Kohlensäure	1·35	1·12
Wasser	4·12	4·00
Verlust	2·02	0·49
Zusammen	100·00	100·00
Metall. Eisen	51·9	52·7

Andere Proben zeigten noch Spuren Phosphorsäure und 0·068 bis 0·12 Proc. Schwefel.

Die Operation war folgende:

Erste Hitze. 448 Kg Eisensteinpulver werden eine halbe Stunde hindurch im langsam rotirenden Ofen rothglühend gemacht, dann mit 123·2 Kg Kokspulver versetzt und auf Schweisshitze gebracht. Nach 1½ Stunden beginnt ein Schweissen der Eisentheilchen und ein Ausschwitzen einer dünnflüssigen Schlacke; das Eisen wird nicht flüssig, die eingeschlossene überschüssige Kohle vermag keine weitere Reduction herzorzurufen und die weitere Oxydation nicht zu verhindern. 5 Minuten später wird die Schlacke abgezapft und das Product in zwei Luppen getheilt. Es werden erhalten 222·32 Kg Eisenluppen, 159·04 Kg Schlacken.

---

[1]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1874, S. 367 u. f.

Zweite Hitze. 448 Kg Eisenstein werden mit 11·2 Kg Kalkstein und eine halbe Stunde später mit 112 Kg Kokspulver beschickt. Nach 100 Minuten Arbeitszeit erfolgen 232·4 Kg Eisenluppen, 172·48 Kg Schlacken.

Dritte Hitze. 448 Kg mit 112 Kg Braunkohlenpulver gemengter Eisenstein ergeben nach $2^1/_2$ Stunden 181·44 Kg Eisenluppen und 126·56 Kg Schlacke.

Vierte Hitze. 448 Kg Eisenstein mit 112 Kg Braunkohlenpulver geben nach 110 Minuten 179·76 Kg Eisen und 256·48 Kg Schlacke.

Fünfte Hitze. 448 Kg Eisenstein mit 100·8 Kg Holzkohlenpulver ergeben nur Schlacke, wahrscheinlich weil die Holzkohle, ehe sie zur Wirkung kam, verstäubte und verbrannte.

Merkwürdiger Weise ist bei allen diesen Versuchen die Eigenthümlichkeit der ursprünglichen Siemens'schen Idee nicht gewahrt. Das Erz ist stets mit Reductionskohle geschmolzen, statt zuerst geschmolzen zu werden und dann den Kohlenzusatz zu erhalten. Auch Kerpely bemerkt ausdrücklich, dass es ohne wesentlichen Unterschied im Erfolge und Verlaufe des Processes geblieben sei, ob die Reductionskohle gleichzeitig oder erst nachdem das Erz rothglühend gemacht worden sei eingetragen werde. Der Eintrag hat also immer vor der Schmelzung stattgefunden.

Bei dem Versuche das erhaltene Luppeneisen zu schweissen und zu Rohschienen auszuwalzen ergaben sich ungemein grosse Verluste, z. B. bei dem Eisen der ersten Hitze von der ersten Schweissung 52 Proc., von der zweiten nochmals 16 Proc., bei dem Eisen der zweiten Hitze 56 Proc. Das Eisen der meisten Hitzen war zwar sehr schlecht, aber doch noch bearbeitbar. Das Eisen der vierten Hitze zerfiel ganz.

Es zeigte sich, dass der Faulbruch [1]), welchen das sämmtliche Eisen in hohem Grade zeigte, von mechanisch beigemengtem Eisenoxyd herrührte, dass auch eingemengtes Reductionspulver nicht vollständig zu entfernen und dass dann noch eine Substanz darin enthalten war, welche Kerpely wohl irriger Weise für Silicium hält. Silicium neben dem reichlichen Quantum oxydirten Eisens ist kaum denkbar!

Kerpely weist darauf hin, dass trotz dieser ungünstigen Resultate, welche durch die zu Praevali in Kärnthen und anderweit erhaltenen Erfahrungen nur bestätigt werden, man keineswegs ganz vor dem Process zurückschrecken solle, sondern dass Aussicht auf Erfolg bleibe, wenn man einen Lösungsprocess in Roheisen mit den erhaltenen Luppen vornehme.

„Hierbei — sagt Kerpely — können die im Eisenballen enthaltenen fremden Bestandtheile theils verschlackt, theils mechanisch ausgeschieden werden, während das metallische Eisen sich allmälig im Roheisen

[1]) Siehe S. 2.

bade auflöst, das oxydirte Eisen mit der flüssigen kohlenstoffreichen Masse in dauernder inniger Berührung sicher reducirt wird."

Man kann die Richtigkeit dieser Ansicht nicht bestreiten unter der Voraussetzung, dass das Roheisenbad, vermehrt durch das sich lösende metallische Eisen, genügend Stoffe (Mangan, Silicium, Kohlenstoff) besitzt, um das noch oxydirte Eisen zu reduciren. Alles übrige Eisenoxyd muss verschlackt werden.

Nun hatten die vier zuerst genannten Hitzen ein durchschnittliches Eisenausbringen von 40 bis 52 Proc. ergeben. Die Eisensteine enthielten 52 Proc. Eisen, die Schlacken dagegen:

von Hitze 1	. . 56	Proc.	Eisen	und	14·7	Proc.	Kieselsäure
" " 2	. . 56	"	"	"	16·1	"	"
" " 3	. . 48	"	"	"	6·5	"	"
" " 4	. . 52	"	"	"	10·2	"	"

Es waren hiernach unter Berücksichtigung der erhaltenen Schlackenmengen:

in 159 Kg Schlacke der ersten Hitze 159 × 0·56 = 89 Kg, d. h. 40 Proc. der ausgebrachten Eisenluppen.

Da aber aus dem Eisenstein nur 10·6 Kg verschlackt werden konnten, so müssen 78·4 Kg Eisen aus dem Ofenfutter herrühren, wozu die Verschlackung von 151·2 Kg Eisenstein gehört.

Gleiche Rechnung ergiebt:

für Hitze No. 2 in der Schlacke 41 Proc. des ausgebrachten Eisens, entsprechend 185 Kg verschlackter Eisensteine
" " " 3 " " " 33 " 112 " " "
" " " 4 " " " 71 " 255 " " "

Für den schliesslichen ökonomischen Erfolg kann es ganz gleichgültig sein, woher das verschlackte Eisen stammt. Jedenfalls ist der Verlust für den Process so hoch, dass nur unter sehr günstigen Umständen noch ein Vortheil zu erwarten steht, ja dass in den meisten Fällen die wirklich erfolgende Reduction viel höhere Kosten machen wird, als im Hochofen.

Dies Alles führt zu der Ueberzeugung, dass es unter solchen Umständen der Regel nach besser sein wird, den Seite 261 geschilderten reinen Erzstahlprocess mit rohen oder gerösteten, aber unreducirten Erzen zu wählen.

Auch Kerpely kommt zu dieser Schlussfolgerung. Die Schilderung des Verfahrens durch denselben ist deshalb interessant, weil man ersieht, dass wenigstens für reine kalk- und manganhaltige Erze, wie es die Moktaerze sind, ein siliciumreiches Roheisen, nämlich graues Hämatitroheisen (Bessemerroheisen), sich am besten zum Lösungsmittel eignet. Das Silicium spielt also hier die Rolle des Reductionsmittels, was gewiss ein Fingerzeig für den richtigen Weg ist.

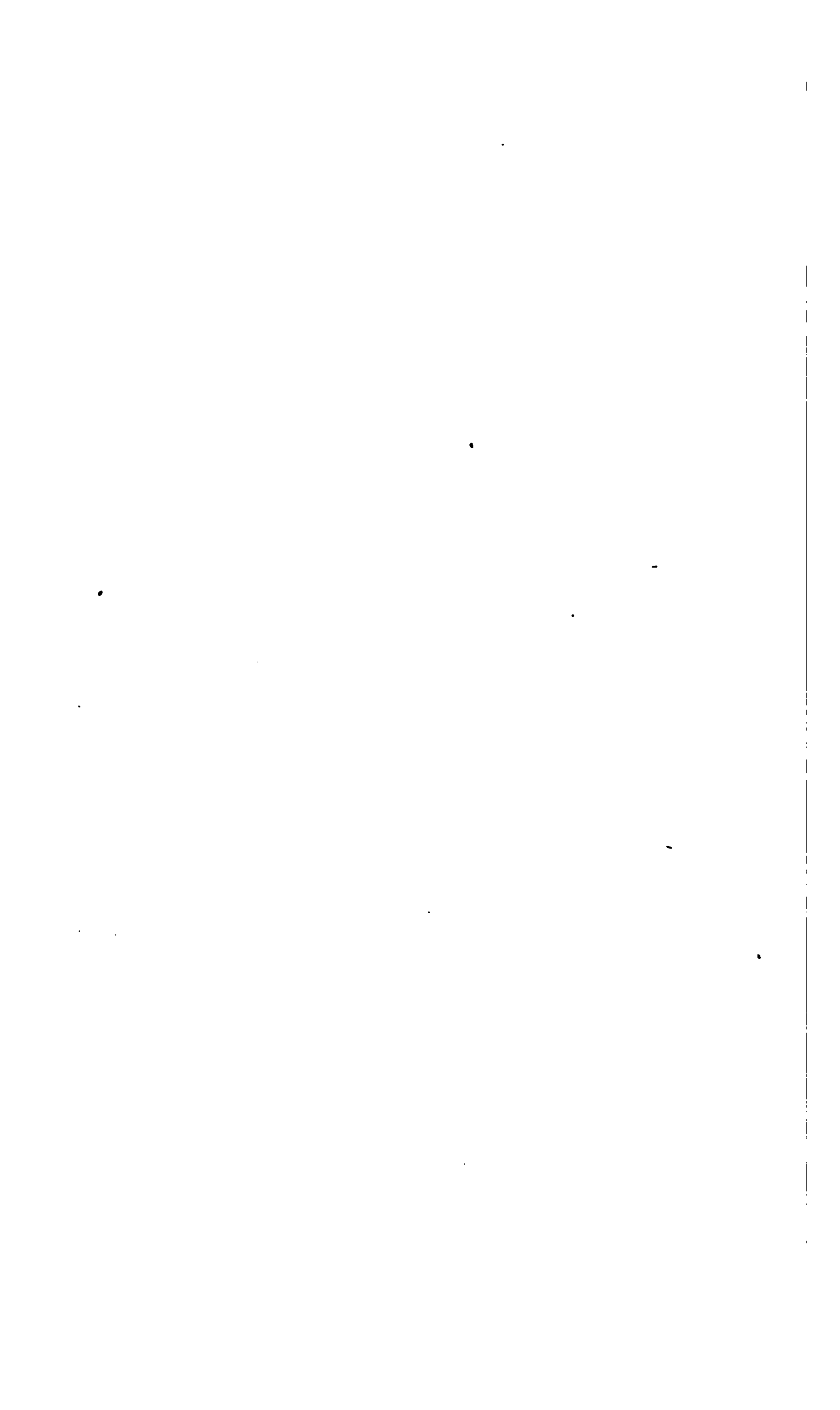
Schlussfolgerung.

Man mag in den angegebenen Richtungen die mehr oder weniger vollkommenen Reductionsprocesse mit dem Entkohlungsprocesse vereinigen, wie man will, so lange man die Gangarten des Erzes als Schlacke in den Process fügt, wird derselbe immer nur für sehr reine und gutartige Erze Anwendung finden können.

Die Aufmerksamkeit wird sich daher darauf richten müssen, von den Gangarten getrenntes Eisen zu benutzen. Da letzteres aber kaum anders als durch vorgängige Ueberführung des Eisens in den metallischen Zustand erreichbar ist, so gehören die Processe den Flussstahlbereitungsmethoden an, unter denen sie Berücksichtigung finden werden.

ZWEITER ABSCHNITT.

DAS STAHLKOHLEN.



Kohlungs- und Reductions-Arbeiten.

Durch rechtzeitige Unterbrechung der Entkohlung kann vermittelst irgend eines der Frischprocesse ein schmiedbares Eisen von jedem beliebigen Kohlenstoffgehalte erzielt werden; aber es ist um so schwieriger, einen vorher bestimmten Kohlungsgrad festzuhalten, je schneller der Oxydationsprocess verläuft und je weniger äussere Kennzeichen zur Beurtheilung des jeweiligen Standes vorliegen. Daher kommt es, dass sowohl beim Herdfrischen, wo die Arbeit zwar langsam verläuft, aber die Beschaffenheit des Productes nur nach dem Gefühle beurtheilt werden kann, als auch beim Bessemern, wo sich ein schneller Verlauf mit sehr unvollkommenen Mitteln zur Erkennung des Kohlungsgrades verbindet, die directe Erzeugung des Stahls durch Entkohlung nur schwierig gelingt und eine lange Uebung an gleichartigem Materiale voraussetzt. Viel weniger trifft dies beim Puddeln zu, wo sich bei hinreichend langsamer Arbeit eine Menge äusserer Kennzeichen finden, die schon bei verhältnissmässig kurzer Uebung den Arbeiter befähigen, ein Urtheil über die Beschaffenheit des Products zu fällen und den Process darnach zu leiten. Hier stellt sich indessen eine andere Schwierigkeit in den Weg, welche darin beruht, den entsprechenden Kohlenstoffgehalt bei den zur Ueberführung des Eisens in den Zustand einer Handelswaare erforderlichen Nacharbeiten zu bewahren. Ausserdem zeigt sich, wie beim Herdfrischen, so auch beim Puddeln noch der Uebelstand, dass es bei Erzeugung kohlenstoffreichen Eisens bei weitem nicht so gut gelingt, schädliche Bestandtheile, namentlich Phosphor und Schwefel, abzuscheiden, als wenn die Entkohlung bis nahezu zur Vollständigkeit fortgeführt wird.

Diese Umstände führten schon sehr früh vielfach dazu, auch dann wenn ein kohlenstoffreiches Eisen gewünscht wurde, zuvörderst ein kohlenstoffarmes Product herzustellen, und diesem den erforderlichen Kohlenstoffgehalt von neuem zuzufügen. Obwohl nun auf diese Weise aus einem ganz kohlenstoffarmen Eisen ein Eisen von jedem beliebigen höheren Kohlenstoffgehalte erhalten werden kann, so pflegt man

dieses Verfahren der Regel nach doch nur für die Erzeugung von Stahl anzuwenden und daher erhalten die sämmtlichen hierher gehörigen Arbeiten den gemeinschaftlichen Namen des Stahlkohlens.

Die Materialien, welche zum Stahlkohlen angewendet werden, müssen dem Zwecke des Processes entsprechend stets Kohlenstoff besitzen, den sie an das Eisen abzugeben im Stande sind.

Nun ist aber das ganz oder beinahe entkohlte Eisen oft schon sauerstoffhaltig oder wie man annehmen muss, mehr oder weniger innig mit Eisenoxydoxydul gemengt [1]). Der Regel nach verbindet sich daher mit dem Zwecke einer höheren Kohlung auch der zweite, diesen Sauerstoffgehalt zu entfernen. Zuweilen tritt indessen der letztgenannte Zweck in den Vordergrund und statt eines hochgekohlten Productes erhält man dann ein solches mit sehr geringem oder wenigstens nur unwesentlich erhöhtem Kohlenstoffgehalte.

Für diese letztere Art der Arbeiten passt der Ausdruck des Stahlkohlens also nicht mehr und doch lassen sie sich am folgerichtigsten im Anschluss an die eigentlichen Kohlungsarbeiten erklären. Sie sollen daher in diesem Capitel unter dem Namen der Reductionsarbeiten gleichfalls behandelt werden.

Aufnahme von Kohlenstoff in schmiedbares Eisen.

Schmiedbares Eisen nimmt Kohlenstoff bei der Berührung mit kohlenstoffhaltigen Körpern bereits bei sehr niedrigen Temperaturen auf, welche Glühhitze noch nicht zu erreichen brauchen. Die Kohlung geht um so schneller vor sich, je höher die Temperatur, je inniger die Berührung und je länger die Zeitdauer der Einwirkung ist. Durch Erfüllung einer dieser Bedingungen in hohem Grade ist man im Stande eine oder beide andere Bedingungen zu vernachlässigen, um einen bestimmten Kohlungsgrad zu erreichen.

Wird ein Eisenoxyd durch Kohlenstoff oder irgend eine kohlenstoffhaltige Substanz reducirt, so wird niemals reines Eisen, sondern stets kohlenstoffhaltiges Eisen erzeugt [2]). Je höher die Temperatur ist, welche bei der Reduction angewendet wird, um so höher steigt der Kohlenstoffgehalt des Eisens.

Mit einer gleichzeitigen Reduction aus Oxyden verbunden findet die Bildung eines höchstgekohlten Eisens, d. h. des Roheisens, unter der Einwirkung aller drei Bedingungen in günstigsten Verhältnissen beim Hochofenprocesse statt. Sinkt die Temperatur, so entsteht unter sonst gleichen Umständen Stahl oder Schmiedeisen, wie bei den Rennarbeiten.

---

[1]) Vergl. S. 370 u. a. a. O. — [2]) Vergl. Abtheil. I, S. 130.

Bei beiden Arbeiten spielen Kohlenoxyd und fester Kohlenstoff (untergeordnet Cyan und zuweilen Kohlenwasserstoff) die gleichzeitige Rolle des Reductions- und Kohlungsmittels.

Das bereits reducirte und im compacten Zustande befindliche schmiedbare Eisen lässt sich leicht durch festen Kohlenstoff weiter kohlen. Bei einer die Schmelzhitze noch nicht erreichenden Temperatur durchläuft es unter Aufnahme des Kohlenstoffs an den Berührungspunkten und Weitergabe desselben an die inneren Theile der Stücke, alle Kohlungsstufen bis zum Roheisen; wird die Temperatur bis zum Schmelzpunkte erhöht, so geht die Kohlung sehr energisch von statten und es entsteht eine gleichmässig gekohlte Masse, deren Kohlenstoffgehalt ebenfalls von der zugesetzten Kohlenmenge abhängt und ebenfalls den des Roheisens erreichen kann, während eine Aufnahme von mehr Kohlenstoff nicht eintreten kann.

Wie auf das bei der Reduction der Oxyde erhaltene schwammförmige Eisen, wirken kohlenstoffhaltige Gase, namentlich Cyan, Kohlenwasserstoff und selbst Kohlenoxyd auch kohlend auf das durch Weiterverarbeitung erhaltene compacte oder geschmolzene Eisen.

Auch die meisten organischen Körper werden unter Abgabe ihres Kohlenstoffgehalts an das Eisen zersetzt.

Werden zwei Eisensorten von verschiedenem Kohlenstoffgehalte zusammengeschmolzen, so erhält man ein Product, welches den mittleren Kohlenstoffgehalt besitzt.

Einfluss der einzelnen kohlenden Substanzen auf das Eisen.

Fester Kohlenstoff. Fester Kohlenstoff im amorphen Zustande, in der Form der Holzkohle, Steinkohle u. s. w., aber auch im krystallisirten Zustande, z. B. als Diamant, wirkt kohlend auf festes Eisen bereits bei einer Temperatur ein, welche noch unterhalb der Rothglut liegt. Die Kohlung findet zwar um so energischer und schneller statt, je höher die Temperatur steigt, aber bei gleicher Temperatur ist die Kohlung um so stärker, je inniger die Berührung ist und je länger die Zeit der Erhitzung dauert. Der Kohlenstoff theilt sich, so lange keine Schmelzung stattfindet, dem Eisen allmälig von aussen nach innen mit und zwar so fortschreitend, dass die mehr nach aussen liegende Schicht reicher daran ist als die mehr nach innen liegende, was ein Beweis dafür ist, dass zu dieser Mittheilung des Kohlenstoffs (Molecularwanderung) eine gewisse Zeit erforderlich ist [1]). Obwohl die von dem Verfasser angestellten einschlägigen Versuche noch nicht abgeschlossen sind, darf doch mit ziemlicher Gewissheit angenommen werden, dass fester Kohlenstoff bei einer

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 130.

bestimmten Temperatur sich nur in ganz bestimmter Menge mit dem Eisen vereinigt und dass der Kohlenstoff so lange von aussen nach innen fortwandert, bis das Eisen ein der Temperatur entsprechendes Maass des Kohlenstoffgehalts angenommen hat. Werden gleichartige Stücke festen Schmiedeisens in Holzkohle gepackt und unter Abschluss der Luft auf eine ganz bestimmte niedrige Temperatur erhitzt, so beobachtet man, wenn man die Stücke in gewissen Zeitabständen wieder untersucht, anfangs ein Vorschreiten des Kohlenstoffs nach der Mitte zu und daher eine Reihenfolge von durchaus verschieden gekohlten Schichten, später aber eine immer stärker werdende äussere Schicht gleich gekohlten Eisens, welche schliesslich das ganze Stück erfüllt.

Wird z. B. Eisen von 0·1 Proc. Kohlenstoffgehalt bei einer Temperatur erhitzt, welche Kupferschmelzhitze nicht überschreitet, so scheint ein Product zu entstehen, welches nicht mehr als 1·9 Proc. Kohlenstoff besitzen kann. Einige Zeit nach Beginn des Processes zeigen die äusseren Theile 0·3 Proc. Kohlenstoff, der Kern noch immer 0·1 Proc. Allmälig steigt der Gehalt. Ist an der Rinde 1·9 Proc. erreicht, so findet keine höhere Kohlung mehr statt, aber es kohlt sich das ganze Stück bis in den Kern hinein auf diesen Grad [1]).

Steigert man die Temperatur höher, so beginnt auch in derselben Weise eine entsprechend höhere Kohlung von aussen nach innen einzutreten.

Schliesslich gelangt man zu einer Temperatur, bei welcher sich der Kohlungsgrad des Roheisens erhalten lässt. Dann aber wird auch der Schmelzpunkt des Productes, welcher naturgemäss mit der Aufnahme von Kohlenstoff sinkt, erreicht und es treten wesentlich veränderte Verhältnisse ein.

Schon vor diesem Zeitpunkte zeigt sich ein mit der Temperatur zunehmender Theil des Kohlenstoffs in der Form des Grafits.

Sobald Schmelzung eintritt löst sich soviel Kohlenstoff im Eisen als dem Kohlungsgrade des Roheisens, welches sich bei der herrschenden Temperatur bilden kann, entspricht. Beim Erstarren des Eisens scheidet sich ein Theil als Grafit aus, so dass ein Unterschied gegen die Vorgänge im Hochofen nicht stattfindet, welche eintreten, sobald das durch Kohlenoxyd reducirte Eisen sich in der Berührung mit Kohlenstoff bis zur Stufe des Roheisens kohlt und damit auch noch nach begonnener Schmelzung bis zur Maximalgrenze des der erzeugten Roheisenart zukommenden Kohlungsgrades fortfährt.

Ein fein vertheilter amorpher Kohlenstoff, wie er sich in der Holzkohle oder in verkohlten organischen Stoffen, z. B. Zucker, befindet, wirkt

---

[1]) Die Schwierigkeit solcher Versuchsreihen liegt hauptsächlich in dem Mangel geeigneter Wärmemesser.

am schnellsten kohlend ein, schwieriger der dichtere Kohlenstoff der Steinkohle oder des Koks, am schwierigsten Grafit.

Kohlenoxyd. Das durch Kohlenoxyd aus Eisenoxyd reducirte Metall ist stets kohlenstoffhaltig. Dies ist ein Beweis dafür, dass Kohlenoxyd auf metallisches Eisen kohlend wirkt. Die Kohlung kann nur durch theilweise Zersetzung des Kohlenoxydes in Kohlenstoff und Kohlensäure ($2 CO = C + CO_2$) geschehen. Der Nachweis hierfür scheint zuerst 1851 von Stammer geführt zu sein [1]. Margueritte [2] bestätigte die Untersuchungen, und ebenso Percy, welcher allerdings fand, dass bei sechsstündiger Rothglut die Einwirkung des Kohlenoxydes auf einen Streifen Eisens nur sehr gering war. Wenn dem entgegen Gruner behauptet, dass reines und trocknes Kohlenoxyd auf oxydfreies Eisen bei 300 bis 400° C. keinen kohlenden Einfluss ausüben würde [3], so bleibt er den Beweis durch Experimente schuldig, welche die Fehlerhaftigkeit früherer Versuche ergeben müssten. Dass die kohlende Einwirkung des Kohlenoxydes sich nur auf verhältnissmässig niedrige Temperaturen beschränken muss, ergiebt sich aus der Thatsache, dass Kohlensäure in höheren Temperaturen durch metallisches Eisen unter Oxydation desselben und Bildung von Kohlenoxyd zerlegt wird. Beide Reactionen können aber unmöglich neben einander bestehen. Die Einwirkung des Kohlenoxydes scheint beim Schmelzpunkte des Eisens völlig aufzuhören.

Bei welcher Temperatur die Zerlegung des Kohlenoxydes aufhört und die Wirkung der Kohlensäure beginnt, ist noch nicht festgestellt. Vielleicht sind die Mengenverhältnisse nicht minder maassgebend als die Temperatur, so dass bei überwiegender Menge von Kohlensäure eine Oxydation, bei überwiegender Menge von Kohlenoxyd eine Kohlung des Eisens eintritt. Ist letzteres der Fall, so müsste sich unter sonst gleichen Umständen das Verhältniss umkehren können, sobald eine der Gasarten in hinreichender Menge gebildet ist, oder vielmehr ein Gleichgewichtszustand eintreten, in welchem keine weitere Reaction eintritt.

Lothian Bell [4] fand bezüglich des Verhaltens von Kohlensäure oder Kohlenoxyd gegen metallisches Eisen durch Experimente folgende Resultate: „Durch Reduction in Wasserstoff erhaltener Eisenschwamm wird durch Kohlensäure oxydirt bei einer Temperatur, welche über 400° C. [5] steigt, unter Bildung von Kohlenoxyd. Die Wirkung wird um so energischer, je höher die Temperatur steigt. Bei diesen Temperaturgraden kann also Kohlenoxyd nicht unter Kohlensäurebildung auf Eisen einwirken. Ist Kohlenoxyd mit Kohlensäure gemischt, so stellt sich bei gewissen Verhältnissen ein Gleichgewicht her, d. h. es findet keinerlei

---

[1] Vergl. Abtheil. I, S. 133, und Dingl. polytechn. Journ. 121, S. 430. — [2] Abtheil. I, S. 135. — [3] Analytische Studien über den Hochofen von Gruner, deutsch von C. Steffen, S. 66. — [4] The Journal of the Iron and Steel Institute, Vol. I, 1871, p. 85. — [5] Ungefähr bei 407° C., dem Schmelzpunkte des Zinks.

Einwirkung auf Eisen statt. Die Mengenverhältnisse wechseln bei verschiedenen Temperaturen in folgender Weise":

Bei directer	Rothglut gehören auf 100 Vol. Kohlenoxyd		150 Vol.	Kohlensäure
" voller	" " " " "	"	47 "	"
" lichter	" (Weissglut annähernd) "	"	11 "	"

Es ist anzunehmen, dass mit dem Aufhören der Eisenoxydation auch die Kohlung eintritt, und umgekehrt mit dem Beginn der Oxydation die Kohlung fortfällt, indessen bedarf dieser Satz erst noch des experimentellen Beweises.

Wenn Gruner sich in seinen analytischen Studien auf Debray's Erfahrung beruft, dass eine Mischung von gleichen Volumen Kohlenoxyd und Kohlensäure [1]) Eisen in Oxydul umwandle, Eisenoxyd aber in Oxydul überführe, so ist zwar dagegen zuvörderst zu constatiren, dass niemals Oxydul, sondern stets ein Oxydoxydul von der Zusammensetzung $Fe_6\,O_7$ oder $\left.\begin{matrix}Fe\\Fe_4\end{matrix}\right\}O_7$ entsteht, im übrigen aber stimmt diese Beobachtung mit der Bell's überein. Die bei der Reduction eines Eisenoxydes durch Kohlenoxyd sich stets zeigende Abscheidung staubförmigen Kohlenstoffs schreibt Gruner dem Reste des Eisenoxydes zu, ohne welches, wie bereits erwähnt, er die Kohlenoxydzersetzung für unmöglich hält [2]). Gleichgültig indessen, ob durch weitere Versuche die Kohlung des Eisens durch Kohlenoxyd allein nachgewiesen werden wird oder nicht, so steht fest, dass die weitere Kohlung des Eisens oder die Absetzung eisenhaltigen Kohlenstaubs aufhört, sobald Rothglut eintritt.

Abweichend von der Einwirkung des festen Kohlenstoffs scheint sich bei der Zerlegung des Kohlenoxydes der Kohlenstoff nicht im amorphen Zustande mit dem Eisen direct zu verbinden, sondern grafitartig (wenn auch staubförmig und ohne erkennbare Krystallisation), d. h. mechanisch beigemengt auszuscheiden. Der Kohlenstoff findet sich der Regel nach bei der Einwirkung von Kohlenoxyd auf massiges (nicht pulverförmiges oder schwammartiges) Eisen als sammetschwarze Ausscheidung auf der Oberfläche, im Inneren scheint das Eisen erst durch Aufnahme dieser Ausscheidung auf die Weise, wie bei Benutzung festen Kohlenstoffs kohlenstoffreicher zu werden; daher findet sich bei so behandeltem compacten Eisen im Inneren keine derartige Ausscheidung, während die durch Kohlenoxyd zu schwammartigem Eisen reducirten Erze bis in den Kern und gerade dort besonders mit sammetartigem Kohlenstoff angefüllt zu sein pflegen.

---

1) $CO_2 : CO = 1{\cdot}529 : 0{\cdot}967 = 1{\cdot}581$. Op. cit. S. 64. — 2) Hiernach soll, so lange die reducirende Wirkung des Kohlenoxydes durch eine bestimmte Beimengung Kohlensäure gedämpft ist, die doppelte Reaction

$$3\,Fe\,O + C\,O = Fe_3\,O_4 + C \text{ (letzterer an Eisen gebunden)}$$
$$\text{und } Fe_3\,O_4 + CO = 3\,Fe\,O + CO_2$$

neben einander bestehen.

Für die Aufnahme von festem Kohlenstoff in das Eisen wirkt eine Kohlenoxydgasatmosphäre besonders günstig [1]), und man muss, um das neutrale Verhältniss zwischen Kohlenoxyd und Kohlensäure nicht zu erreichen, darauf bedacht sein, letztere fortzuführen oder zu absorbiren, z. B. durch gebrannten Kalk.

Kohlenwasserstoff. Kohlenwasserstoffe kohlen das Eisen mit grosser Leichtigkeit. Je höher der Kohlenstoffgehalt im Verhältniss zum Wasserstoffgehalte ist, um so leichter geht der erstere an das Eisen. Leuchtgas, Paraffindampf, Petroleumdampf geben nach kurzer Zeit in Berührung mit rothglühendem Schmiedeisen Stahl [2]).

Eine Temperaturgrenze für ihre Einwirkung ist nicht bekannt und wird vielleicht auch nicht bestehen.

Durch die Zerlegung derselben in ihre Bestandtheile wird stets Wärme absorbirt, welchem Verluste keinerlei Ersatz gegenübersteht. Eine Einwirkung des freiwerdenden Wasserstoffs auf Verunreinigungen des Eisens, wie Phosphor und Schwefel, ist nicht vorhanden.

Cyan. Cyan zersetzt sich mit Eisen bei Temperaturen, welche noch weit unter Rothglut liegen, lebhaft unter Abgabe des Kohlenstoffs. Dass ein geringer Theil des Stickstoffs bei niedrigen Temperaturen hierbei gleichfalls in das Eisen übergehen könne, unterliegt keinem Zweifel. Die vielfachen Versuche über den Stickstoffgehalt der verschiedenen Eisenarten sind Abtheilung I, S. 64 u. f. [3]) zusammengestellt.

Das Resultat derselben ist, dass der Stickstoffgehalt bei denjenigen Eisenarten, welche bei ihrer Erzeugung einer hohen Temperatur unterlegen haben, stets nur ein sehr geringer ist, und man darf annehmen, dass derselbe stets als ein Rückstand absorbirter Gase (namentlich atmosphärischer Luft) anzusehen ist. Von Bedeutung für die physikalischen Eigenschaften ist der vorkommende Stickstoffgehalt niemals [4]).

Gerade wie Cyan wirken die bei der Erhitzung stickstoffhaltige Kohle liefernden thierischen Substanzen, wie Hörner, Klauen und dergleichen mehr.

Aehnlich wirkt auch Blutlaugensalz, welches beim Erhitzen in flüchtiges Cyankalium, Stickstoff und Kohleneisen übergeht. Das letztere theilt seinen Kohlenstoffgehalt mit dem übrigen Eisen.

Weit unwirksamer müssen dagegen die einfachen Cyanalkali- oder Cyanerdenmetalle sein, welche sich bei Abwesenheit von Sauerstoff oder sauerstoffhaltigen Körpern [5]) in Rothglühhitze nicht zersetzen, sondern nur verflüchtigen.

---

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 136 u. f., sowie Gruner-Steffen, S. 61. — [2]) Vergl. Abtheil. I, S. 140, 16. u. 17. Experiment. — [3]) Vergl. auch Abtheil. I, S. 133. — [4]) Absichtlich erzeugtes Stickstoffeisen, Fe_2N, dargestellt durch Ueberleiten von Ammoniak über feingetheiltes metallisches Eisen oder Eisenchlorür, ist weiss, hart und spröde. — [5]) Welche beim Hochofenprocesse immer vorhanden sind, vergl. Abtheil. II, S. 258.

Ob und bei welcher sehr hohen Temperatur Cyanalkalien sowie Cyanbarium sich den Annahmen des Stahlfabrikanten Saunderson in Sheffield, sowie der französische Chemiker Fremy und Caron gemäss, bei hinreichender Berührung mit Eisen in Kohlenstoffeisen umsetzen, ist durchaus noch nicht genügend untersucht. Jedenfalls muss bei einer solchen Reaction angenommen werden, dass neben Stickstoff Kalium, Natrium, Barium etc. in Dampf- oder Metallform entsteht. In der That stimmen Vieler Angaben darin überein, dass man mit Cyankalium Eisen cementiren könne [1].

Kohleneisen. Schon wenn glühendes Schmiedeisen in geschmolzenes Roheisen eingetaucht wird, erhält es eine kohlenstoffreichere härtere Rinde, ebenso, wenn weissglühendes Schmiedeisen mit erhitzten Stücken von Roheisen überstrichen wird [2]. Ein Grafitgehalt wirkt hierbei kaum merklich ein, weshalb bei der Anwendung dieser Methode weisses Roheisen genommen werden muss. Das Eintauchen der Schmiedeisenstücke behufs Ueberziehung mit einer Stahlkruste beim Herdfrischen ist S. 98 geschildert worden.

Beim Schmelzen vereinigen sich verschieden gekohlte Eisen in kleinen Mengen leicht, grössere Mengen nur, wenn sie gut durcheinander gerührt werden; sonst sondern sie sich in verschiedene Lagen nach ihrem specifischen Gewicht. Ist kein Oxydationsmittel vorhanden, so vertheilen sich alle übrigen im Eisen enthaltenen Substanzen, wie Silicium, Mangan, Phosphor, Schwefel u. s. w. gleichmässig im Producte.

Sauerstoffabscheidung aus schmiedbarem Eisen.

Der Sauerstoffgehalt des schmiedbaren Eisens, welches durch Oxydationsprocesse hergestellt worden war, ist, wie es scheint, immer in der Form des Eisenoxydoxyduls vorhanden. Man nennt ein sauerstoffhaltiges Eisen, welches für technische Zwecke um so unbrauchbarer wird, je höher der Sauerstoffgehalt steigt, verbranntes Eisen. Es zeichnet sich durch die Grösse der einzelnen Krystalle aus, welche an einer innigen Verbindung oder am Zusammenschweissen durch die zwischenliegenden Oxydoxydultheilchen gehindert werden und daher beim Schmieden und Walzen auseinanderfallen.

Es giebt zwei Mittel den Sauerstoff unschädlich zu machen. Das erste besteht in der Verbindung des oxydirten Eisens mit Kieselsäure zu einer flüssigen Schlacke. Es ist stets mit entsprechendem Eisenverluste verbunden und kommt besonders bei dem später zu beschreibenden Schweissprocesse zur Anwendung. Das andere besteht in der Entziehung

---

[1] Vergl. Dingler, Polytechn. Journ. Bd. 160, S. 43, 122, 211, 215. —
[2] Etwa in der Art, wie man einen Stab magnetisch macht.

des Sauerstoffs durch Reduction, braucht mit keinem Eisenverluste verbunden zu sein und wird besonders bei der Flussstahlerzeugung benutzt.

Die Reduction erfolgt durch Kohlenstoff, Mangan oder Silicium.

Kohlenstoff.

Fester Kohlenstoff. Wird festes sauerstoffhaltiges Eisen mit festem Kohlenstoff (Holzkohle oder Koks) erhitzt, so erfolgt eine Reduction unter Bildung von Kohlenoxydgas. Bei Roth- und Weissglut erfolgt diese Reduction noch ohne Schwierigkeit, erfordert aber bei starken Stücken lange Zeit, um bis ins Innere vorzudringen. Bei der Schmelztemperatur des Schmiedeisens scheint keine Reduction mehr stattzufinden.

Kohlenoxyd wirkt bei niedrigen Temperaturen (bis 400 Grad) langsam und, wie es scheint, nur indirect auf den Sauerstoff ein [1]); bei hoher Temperatur (Roth- bis Weissglut) erfolgt die Reduction leichter.

Kohlenstoffhaltiges Eisen. Wird Eisen, welches nur amorphen Kohlenstoff enthält, mit sauerstoffhaltigem Eisen geschmolzen oder in flüssigem sauerstoffhaltigem Eisen gelöst, so findet die Reduction auf Kosten eines Theils dieses Kohlenstoffs statt. Grafit lässt sich auf diese Weise nicht, ohne vorher in amorphen Kohlenstoff übergeführt zu sein, oxydiren.

Die drei genannten Reductionsmittel sind nur mit grosser Vorsicht in der Praxis zu verwerthen, weil jeder Ueberschuss derselben sofort auch eine andere höhere Kohlungsstufe des Productes hervorruft und dadurch die Eigenschaften bei verhältnissmässig geringen Fehlern in der Beurtheilung des zu entfernenden Sauerstoffs sehr erheblich zu ändern im Stande ist.

Silicium und Mangan.

Silicium und **Mangan** sind zwei Stoffe, welche leichter oxydirbar als Eisen sind. Bei den Frischprocessen zeigte sich dies durch die schnelle Entfernung beider Stoffe im Anfange der Operation. Fügt man daher zu sauerstoffhaltigem Eisen einen dieser Stoffe, so wird unter Reduction der entsprechenden Eisenmenge Kieselsäure oder Manganoxydul gebildet. Jedoch ist hierzu erforderlich, dass eine diese Stoffe aufnehmende flüssige Schlacke vorhanden sei oder bei dem Processe gebildet werde.

Mangan ist unter beiden Stoffen der weit vorzüglichere für die Praxis, weil ein überschüssiger in das Product gelangender Gehalt daran

[1]) Wahrscheinlich geht zuvörderst der oben (S. 509) erwähnte Process der Abscheidung von Kohlenstoff unter Bildung von Kohlensäure vor sich.

mit Ausnahme der Erhöhung des Härtegrades keinen wesentlichen Einfluss ausübt, wogegen ein geringer Ueberschuss an Silicium bereits ein faulbrüchiges Product hervorruft [1]).

Nicht selten kommen in der Praxis Mangan, amorpher Kohlenstoff und Silicium gemeinschaftlich in Form von Spiegeleisen zur Verwendung, jedoch benutzt man auch ein siliciumreiches, dann stets grafitisches Roheisen, bei dem im Augenblicke der Siliciumoxydation, wie beim Frischprocesse, der Grafit in den amorphen Zustand übergeht, und endlich eine kohlenstoffarme Legirung von Eisen und Mangan, welche beinahe wie reines Mangan wirkt, da das Eisen einfach der vorhandenen Eisenmenge hinzutritt.

Arten der Stahlkohlungsarbeiten.

Wird das Product der Kohlungsarbeit durch Zusammenschmelzen von verschieden gekohlten Eisenarten, namentlich von Roheisen und Schmiedeisen, erhalten, so heisst es Flussstahl und die Arbeit daher Flussstahlerzeugung. An die hierfür in der Praxis benutzten Methoden schliessen sich eng diejenigen an, durch welche zwar der Kohlenstoffgehalt des Products nicht oder wenigstens nur unwesentlich verändert, aber ein vorhandener Sauerstoffgehalt entzogen wird, und die der Regel nach mit den ersteren Hand in Hand gehen.

Wird das Product durch Schmelzen eines niedrig gekohlten Eisens mit reinem Kohlenstoff oder im wesentlichen eisenfreien kohlenstoffhaltigen Substanzen, oder durch Einführen derartiger Stoffe in das geschmolzene Metall gewonnen, so nennt man es Kohlenstahl.

Wird das Product durch Kohlung von Eisen erhalten, ohne dass der flüssige Aggregatzustand des Materials oder Products eintritt, so heisst es Cementstahl und der Process wird das Cementiren genannt.

---

[1]) Vergl. Seite 2.

A. Die Flussstahlerzeugung.

Die Flussstahlerzeugung gründet sich in erster Linie auf das Zusammenschmelzen von Schmiedeisen mit Roheisen in solchen Verhältnissen dass ein flüssiges Product von dem gewünschten Kohlenstoffgehalte eines Stahls entsteht.

Die technische Ausführung des Processes findet in dreifacher Weise statt; entweder wird festes Schmiedeisen und festes Roheisen bis zum Schmelzen erhitzt, oder es wird Roheisen in flüssigem Schmiedeisen gelöst, oder es wird Schmiedeisen in flüssigem Roheisen gelöst.

Die erste Methode wird der Regel nach in Tiegeln ausgeführt und das Product nennt man daher Tiegelflussstahl, die zweite Methode schliesst sich ausnahmslos an das Bessemerfrischen an und das Product heisst daher Bessemerflussstahl oder kurzweg Bessemerstahl, die dritte Methode endlich wird zwar in mannigfachen Apparaten betrieben geschieht aber am häufigsten in Flammöfen, weshalb auch das Product im Allgemeinen als Flammofenflussstahl bezeichnet werden kann. Ist mit der Flussstahlarbeit eine unmittelbare Reduction von Eisenerzen verbunden, so bezeichnet man das Product als Rennflussstahl.

Immer wird der Flussstahl in giessbarem Zustande erhalten, in eiserne Formen gegossen und der Regel nach in Blockform der Weiterverarbeitung, meist zuvörderst einem Dichtungsprocesse übergeben. Wegen seiner gleichmässigen Beschaffenheit in Folge der Schmelzung nennt man ihn auch Homogenstahl, Homogeneisen (*Homogenous Metal*), obwohl dieser Ausdruck ursprünglich für einen durch Zusammenschmelzen von Schmiedeisen mit Kohle erhaltenen Stahl gebraucht worden war [1].

[1] Vergl. Percy, Iron, p. 776 und 777.

a. Tiegelflussstahl.

Festes Schmiedeisen und festes Roheisen ohne wesentliche Verminderung des Kohlenstoffgehalts zusammenzuschmelzen gelingt nur unter Luftabschluss und kann daher mit Vortheil nur in Tiegeln ausgeführt werden. Das Schmiedeisen oxydirt sich bei hinreichender Erhitzung, sobald atmosphärische Luft Zutritt hat, zu heftig, als dass beim nachfolgenden Schmelzen eine wesentliche Entkohlung des Roheisens verhindert werden könnte. Bei sehr beschränktem Luftzutritt gelingt es unter vorsichtiger Behandlung wohl, nur so viel Eisen zu oxydiren, um das Silicium und den Mangangehalt des Roheisens zu verschlacken, aber der Erfolg ist stets unsicher. Daher haben auch die vor Einführung der sich eines flüssigen Roheisenbades bedienenden Flammofenflussstahlmethode gemachten zahlreichen Versuche, die Schmelzung im offenen Herde eines Flammofens vorzunehmen, keine günstigen Resultate geliefert. Gegenwärtig wären weitere Versuche in dieser Richtung ohne Nutzen. — Umgekehrt ist mit besserem Erfolge das Zusammenschmelzen von Schmiedeisen und Roheisen im Kupolofen in einer reducirenden Atmosphäre versucht worden. Hierbei ist eine Kohlenstoffzunahme nicht zu umgehen und der Process bildet daher einen Uebergang zu den Kohlenstahlarbeiten, mit welchen er weiter unten beschrieben werden wird. — Auch bei dem Schmelzen in Tiegeln kann man durch oxydirende oder kohlende Zuschläge den Gesammtkohlenstoffgehalt mehr oder minder verändern und dadurch zahlreiche Uebergänge zu den vorher beschriebenen Erzstahlarbeiten und den folgenden Kohlenstahlarbeiten herbeiführen.

Geschichtliches. In den schon mehrfach citirten Werken Réaumur's aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts findet sich die erste Erwähnung der Darstellung von Flussstahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeisen in Tiegeln, als eines bereits bekannten und praktisch ausgeübten Verfahrens, welches sich bei Versuchen des Verfassers in einem gewöhnlichen Schmiedefeuer wohl bewährte. Er mischte hierbei das Roheisen mit einem Viertel bis einem Drittel Schmiedeisen [1]).

Mushet's zahlreiche Patente aus dem Anfange dieses Jahrhunderts lassen fast darauf schliessen, dass die Methode gänzlich in Vergessenheit gekommen sei, denn dieselben beziehen sich meistentheils nur auf eine Reduction von Erz und Kohlung des Eisens durch kohlenstoffhaltige Substanzen und enthalten nur einmal nebensächlich erwähnt auch den Zusatz von Eisen [2]).

---

[1]) L'art de convertir le fer forgé en acier, 1722, p. 256. — [2]) Conf. Bibl. britannique t. 18.

Andererseits berichtet Hassenfratz nach Vandenbroeck[1]), dass man bereits vor 1812 in England zwei Ofenarten zum Schmelzen von Schmiedeisen- und Roheisenmischungen behufs der Stahlerzeugung angewendet habe, deren erster ein durch Steinkohle erhitzter Galerenofen für vier Tiegel gewesen sei.

Im Jahre 1833 nahm Alois Obersteiner zu Murau in Steyermark ein Patent auf die Methode durch Zusammenschmelzen von Schmiedeisen und Spiegeleisen Stahl darzustellen, und führte das Verfahren praktisch einige Zeit durch. Tunner[2]) berichtet indessen, dass das Product nicht gleichmässig genug ausgefallen sei, und so wurde eine weitere Anwendung damals ebensowenig wie 20 Jahre später, als Karsten den Gegenstand von neuem anregte[3]), durchgeführt.

Die Engländer mussten sich — wie dies in der Geschichte des Eisenhüttenwesens unzählig oft wiederkehrt — erst der deutschen Erfindung bemächtigen, sie praktisch machen und sie dann den Deutschen zurückgeben.

1855 nahmen David Simpson Price und Edward Chambers Nicholson den Gegenstand wieder auf[4]). Sie wollten gefeintes Roheisen mit passenden Mengen Schmiedeisen zusammenschmelzen. Es sollte vorzüglich ein aus irgend einem (gleichgültig, ob bei Holzkohlen, Koks oder Anthracit erblasenen) Roheisen hergestelltes Eisen genommen werden, welches durch Schmelzung mit Roth- oder Spatheisenerzen soweit gefeint war, dass es beinahe seinen gesammten Siliciumgehalt, dagegen nichts von seinem Kohlenstoffgehalte verloren hatte.

Kurze Zeit nachher nahm Gentle Brown ein Patent auf die Darstellung von Stahl durch Zusammenschmelzen von Stabeisen, welches in kurze Stücke zerschnitten war, mit gutem Holzkohlenroheisen, ungefähr im Verhältniss von 3 : 1[5]).

Seit dieser Zeit verbreitete sich die Methode schnell in allen Eisendistricten, namentlich auch in denen Deutschlands, wo man von vornherein als Roheisen meist Spiegeleisen oder Weissstahl zu nehmen pflegte[6]). Als aber die anderen Methoden der Flussstahlerzeugung ausgebildet wurden, konnte sie sich denselben gegenüber nur in einzelnen Fällen halten, da sie weder eine so billige Darstellung von Stahl gestattete, wie jene, noch auch im Stande war, in Massenproduction zu wetteifern, noch endlich ein so gleichförmiges Product zu liefern. Sie beschränkt sich jetzt fast nur auf gelegentliche Verwendung für einzelne zum Maschinenbau gebrauchte Theile und findet sich weit häufiger mit Eisengiessereien und mechanischen Werkstätten, als mit Eisenhütten verknüpft. Am

---

[1]) Annales des Mines VI. Série, t. XII, p. 276; Gruner, De l'acier. — [2]) Oesterr. Jahrb. III, 1853, S. 310. — [3]) Karsten's Archiv 1852, Bd. 25. — [4]) Specification A. D. 1855, Nov. 20, No. 2619 und Percy, Iron, p. 806. — [5]) Specification A. D. 1856, Jan. 25., No. 205. Abridgments, p. 215. — [6]) Spätere englische Patente, wie das von Atwood (A. D. 1862, No. 1473) und Anderen sind nichts als Wiederholungen der bekannten Verfahrungsarten.

meisten scheint sich die Methode gegenwärtig noch in Schweden erhalten zu haben.

Apparate.

Das Schmelzen geschieht in Tiegeln aus Grafit oder feuerfestem Thone, deren Anfertigung genau so erfolgt, wie dies weiter unten beim Gussstahl beschrieben werden wird. Die Materialien können etwas weniger gut sein, weil die Schmelztemperatur der Regel nach geringer sein darf als bei der Gussstahlerzeugung.

Die Tiegel werden einzeln oder zu zweien bis vieren in Zugöfen bei Koksfeuerung, selten bei Holzkohlenfeuerung erhitzt. Sie stehen auf Unterlagen, Käsen, welche direct auf dem den Ofenschacht nach unten begrenzenden Planroste aufliegen.

Material.

Physikalische Beschaffenheit. Das Material muss in kleinen Brocken angewendet werden. Zu diesem Zwecke wird das Roheisen entweder in kaltem Zustande durch Hämmer in Stücke zerkleinert, oder in rothwarmem Zustande zu Sand gepocht [1]), oder in flüssigem Zustande durch Einleiten in Wasser granulirt [2]).

Das Schmiedeisen wird mit Scheren in kleine Stücke zerschnitten.

Chemische Beschaffenheit. Beide Eisenarten müssen möglichst frei von Phosphor und Schwefel sein, weil bei dem Processe nichts davon entfernt wird. Das Roheisen muss arm an Silicium sein, da durch die zwischen den Eisenstücken im Tiegel eingeschlossene Luft nur eine sehr geringe Menge davon oxydirt werden kann. Mangan ist nicht nur nicht nachtheilig, sondern vortheilhaft, weil es als sehr leicht oxydirbarer Körper sich mit der Kieselsäure verbindet, die Bildung einer eisenreichen Schlacke verhindert und sowohl die Bindung des Kohlenstoffs im amorphen Zustande befördert, als der Oxydation desselben vorbeugt.

Aus diesen Gründen wird zum Zwecke der Tiegelflussstahlerzeugung fast nur Spiegeleisen, Weissstahl und bei Holzkohlen erzeugtes gewöhnliches weisses Roheisen verwendet [3]), doch ist auch gefeintes Eisen sehr wohl zu gebrauchen.

Die Mengenverhältnisse richten sich nach dem verlangten Kohlenstoffgehalte. Soll ein Stahl von c Procent Kohlenstoffgehalt erzeugt werden, so gehören dazu x Theile Roheisen vom Kohlenstoffgehalt a Procent und y Theile Schmiedeisen vom Kohlenstoffgehalt b Proc. Es ist dann: $ax + by = (x + y)c$, und wenn

---

1) Vergl. S. 23. — 2) Vergl. S. 22. — 3) Vergl. Abtheil. II, S. 762, 765 u. f.

$$x + y = 100,$$
$$x = \frac{100\,(c - a)}{b - a}$$
$$y = \frac{100\,(b - c)}{b - a}.$$

Wenn daher ein Roheisen mit 4 Proc. und ein Schmiedeisen von 0·1 Proc. Kohlenstoff zu einem Flussstahl von 0·8 Proc. Kohlenstoff verschmolzen werden sollen, so braucht man:

$$\text{an Roheisen} \quad x = \frac{100 \,.\, 0\cdot 7}{3\cdot 9} = 17\cdot 95 \text{ und}$$
$$\text{an Schmiedeisen } y = \frac{100 \,.\, 3\cdot 2}{3\cdot 9} = 82\cdot 05 \text{ Gewichtstheile.}$$

Zuschläge.

Der Regel nach soll die im Tiegel zwischen den Eisenstückchen eingeschlossene Luft gerade genügen, um das vorhandene Silicium zu oxydiren, ohne den Kohlenstoff anzugreifen. Bei dichter Füllung und hohem Siliciumgehalt ist dies indessen nicht der Fall und man giebt daher geringe Mengen Oxyde, zuweilen wohl Eisenoxyde, besser aber Manganoxyde (Braunstein) hinzu.

Während des Schmelzens ist zwar ein Eindringen von atmosphärischer Luft in den Tiegel und eine erhöhtere Oxydation dadurch nicht zu fürchten, wohl aber beim Herausnehmen des Tiegels aus dem Ofen und beim Giessen. Man muss deshalb dafür sorgen, dass die Oberfläche des geschmolzenen Stahls durch eine flüssige Schlackendecke bis zum Gusse geschützt sei. Zu diesem Zweck setzt man ausser Braunstein auch oft Alkalien zu, namentlich Soda oder Potasche. Weniger gut wirkt das zu leichtflüchtige, Tiegel und Ofenwände schnell zerstörende Chlornatrium (Koch- oder Steinsalz).

Weitere Zusätze von reinem Roth- oder Magneteisenstein einerseits, von Holzkohle oder Hornspänen andererseits geben wie bereits erwähnt Uebergänge zum Erzstahl- und Kohlenstahlschmelzen und werden benutzt, wenn der durch die Mischung nach gegebenen Verhältnissen erzielte Kohlenstoffgehalt entweder zu hoch oder zu niedrig ausfallen würde.

Verfahren.

Die Tiegel werden hellrothwarm in den gleichfalls glühend gemachten Ofen eingesetzt, darauf mit dem der Regel nach angewärmten Materiale besetzt, welches durch blecherne Trichter eingeschüttet wird, dann mit Deckeln verschlossen, welche zur Untersuchung des Flüssigkeitsgrades eine kleine Oeffnung besitzen. Der Ofen wird mit Koks oder Holzkohle

gefüllt, der Deckel aufgeschoben und dann meist ohne Nachfeuerung solange geschmolzen, bis ein durch die Oeffnung im Tiegeldeckel eingeführter Draht hinreichend wenig Widerstand findet, als Beweis, dass die Masse gehörig dünnflüssig ist. Hierauf werden die Tiegel mit Zangen ausgehoben und direct in die vorbereiteten Gussformen entleert.

Eine Tiegelfüllung wird meist zu 15 bis 20 Kg genommen. Der Regel nach giebt man auf 100 Kg Schmiedeisen 8, 16, 32 oder 40 Kg Roheisen, doch ist es besser sich durch vorherige Proben oder Analysen vom Kohlenstoffgehalte zu überzeugen und durch Rechnung das Verhältniss genau zu bestimmen.

Beispiele. Obersteiner wendete 7 Theile bestes Spiegeleisen auf 17 Theile Schmiedeisen an; zu Hirschwang bei Reichenau besteht eine Tiegelfüllung für Maschinenstahl aus 14·75 Kg Streckeisenabfall, 2·75 Kg Weissstahl und etwas Braunstein. Stengel machte auf Karsten's Veranlassung Versuche, bei denen zu weichem Stahl auf 12·5 Kg schwedisches Stabeisen mit 0·25 Proc. Kohlenstoffgehalt, 1 Kg Spiegeleisen mit 5·6 Proc. (?) Kohlenstoff, zu hartem Stahl 4 Kg von letzterem verwendet wurden. Uebergänge zur Erzstahlfabrikation [1]) bilden die Beschickungen, welche z. B. Uchatius vorschlägt und die aus 100 Gewichtstheilen Roheisen, aus 20 Gewichtstheilen Schmiedeisenstücke, 25 Gewichtstheilen Spatheisenstein und 1·5 Gewichtstheilen Braunstein bestehen sollen [2]).

Der Artilleriehauptmann Alexander [3]) machte eine Reihe von Versuchen, bei denen er je 3 Gewichtstheile Eisen mit Roheisen von 0·1 bis zu 2 Gewichtstheilen, von 0·1 zu 0·1 fortschreitend, mischte. Er fand dass bis zum Zusatze von 0·21 Gewichtstheilen Roheisen ein weicher Stahl erhalten wurde, welcher sich bei 0·3 am besten ohne Blasen giessen liess. Von 0·4 Gewichtstheilen Roheisen an wird der Stahl hart. Uebrigens kann man ohne praktische Schwierigkeit in verschlossenen Tiegeln bis zu 1 Gewichtstheil Roheisen gehen.

Schlussfolgerung.

Der Process ist zur Erzeugung kleiner Stahlmengen sehr wohl geeignet. Das aus reinem Schmiedeisen und Spiegeleisen oder einem ähnlichen Roheisen dargestellte Product ist vortrefflich und mehr als eine andere Stahlsorte geeignet zum directen Guss in bestimmte Formen, z. B. zu Zahnrädern, Herzstücken und dergleichen mehr. Für grössere Productionen empfiehlt sich das Verfahren aber nicht, weil es bei kleinen Tiegelfüllungen hohen Brennmaterialaufwand erfordert, bei grösserer Menge

---

[1]) Vergl. S. 519. — [2]) Vergl. Muspratt, Techn. Chem. 1866, Bd. II, S. 414. — [3]) Annales des mines, VI. Série t. XII, p. 274. Gruner, De l'acier et de sa fabrication.

aber ungleiche Resultate giebt, da dann der Grad der Oxydation nicht genügend unter Controle gehalten werden kann.

Wenn bei den Obersteiner'schen Versuchen ein brauchbares Product nicht erzielt wurde, so mag dies einerseits zwar, wie Tunner[1]) berichtete, daran gelegen haben, dass der geschmolzene Stahl nicht ausgegossen, daher nicht hinreichend gemischt wurde, es können aber auch leicht unzureichende und durch vorgängige Proben nicht genügend controlirte Materialien die Ursache gewesen sein.

Jedenfalls kann man sehr leicht durch diese Methode einen den Uebergang zum Gusseisen bildenden harten Stahl erzeugen, welcher für Herstellung besonders haltbarer Gusswaaren sehr wohl passt.

Wie schon oben erwähnt, eignet sie sich daher nicht zur Massenproduction, wohl aber zur gelegentlichen Benutzung in Giessereien und Maschinenfabriken.

b. Bessemerflussstahl (Bessemerstahl).

Kohlung.

Bei der Beschreibung des Bessemerfrischprocesses ist mehrfach[2]) darauf hingewiesen worden, dass am Schlusse des Processes und in unmittelbarem Anschlusse an die Entkohlung ein Zusatz von hochgekohltem Eisen, der bei weitem vorherrschenden Regel nach von Spiegeleisen, stattfindet um durch Vermehrung des Kohlenstoffgehalts aus dem entkohlten Eisen Stahl zu erzeugen.

Dieses Zusatzeisen wird fast immer in geschmolzenem Zustande angewendet, seltener nur angewärmt oder rothglühend.

Geschichtliches. Das Verfahren, 1856 von Robert Mushet erfunden[3]), trug damals wesentlich dazu bei, den Bessemerprocess lebensfähig zu machen. Es wird noch vielfach für unentbehrlich gehalten, um aus gewissen Roheisensorten ein gutes Product zu erzeugen, aber im allgemeinen richtet sich das Bestreben darauf, das von Anfang an in Schweden verfolgte, nachher auch nach Deutschland und Oesterreich übertragene Verfahren mehr und mehr auszudehnen, wonach der Frischprocess gerade bei der Entkohlung bis zu dem erwünschten Kohlenstoffgehalte unterbrochen wird, eine Rückkohlung also nicht stattfindet.

Umschmelzapparate.

In einzelnen Fällen hat man das Zusatzeisen vom Hochofen in die Birne geleitet, also direct im flüssigen Zustande verwerthet. Dies ist

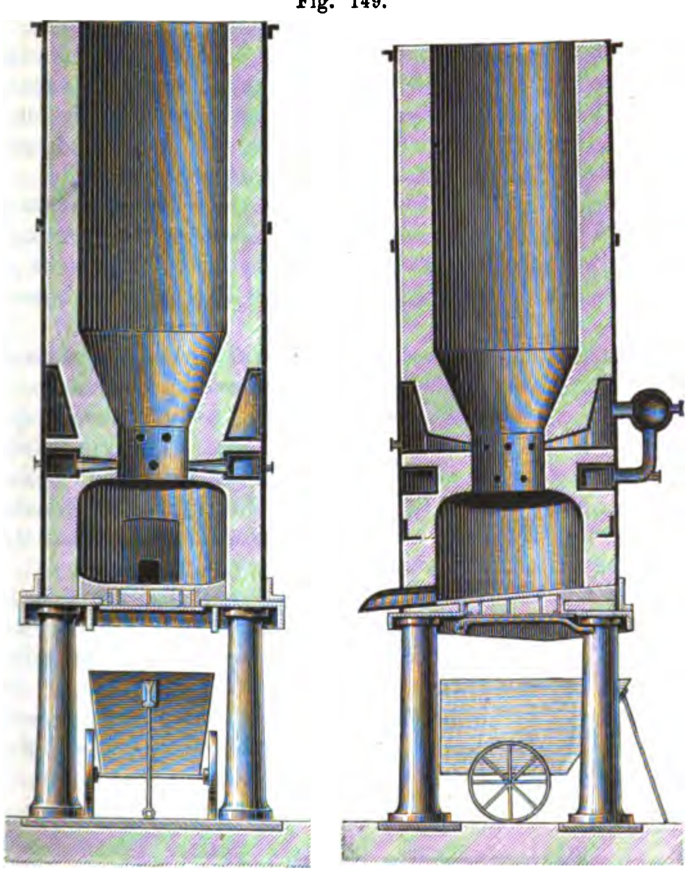
[1]) Oesterr. Jahrb. 1859, S. 157. — [2]) S. 333, 334 u. f. — [3]) Patent vom 22. September 1856. Improvements in the manufacture of iron and steel No. 2219, Abridgments p. 239. — Vergl. S. 337.

aber nur ganz ausnahmsweise möglich, und die Regel ist das Umschmelzen. Dies geschah früher allgemein in kleinen Flammöfen, von denen ein Beispiel in Fig. 130 und 131 S. 359 abgebildet ist. Auch als für das Umschmelzen des Materialroheisens schon Kupolöfen eingeführt waren, behielt man noch für das Spiegeleisen Flammöfen bei, in der Meinung, dass ein Umschmelzen desselben in directer Berührung mit Koks nachtheilig sein würde. Jetzt wendet man aber, obwohl nicht allgemein, doch bereits sehr häufig, auch für das Umschmelzen des Spiegeleisens Kupolöfen an, welche einen weit geringeren Brennmaterialverbrauch erfordern und das Spiegeleisen weit weniger verändern, als alle, namentlich aber schlecht gebaute Flammöfen. Selbstverständlich darf allerdings nur guter Koks als Brennmaterial verwerthet werden.

Das Spiegeleisen wird nur am Ende jeder Hitze und dann nur in verhältnissmässig geringen Mengen gebraucht. Der Umschmelzapparat kann daher nicht wie derjenige für das Roheisen des Bessemerprocesses im beständigen Betriebe sein. Man baut deshalb den Ofen möglichst klein. Die Dimensionen eines Flammofens sind aus den Abbildungen Seite 359 zu ersehen. Die Spiegeleisenkupolöfen erhalten selten einen besonderen Vorherd, sondern der Regel nach einen direct unter der zusammengezogenen Formenebene gelegenen Sammelherd mit beweglichem Boden, welcher durch Oeffnen leicht zu reinigen und zu repariren ist. Ein solcher Ofen ist in Fig. 149 in zwei Verticalschnitten abgebildet. Er steht auf vier eisernen Säulen, welche ein Unterfahren eines die Rückstände aufnehmenden Blechkastens gestatten. Der aus Schamotte gestampfte Boden wird von einer um ein Scharnier drehbaren Klappe getragen. Der Herd, welcher nach dem Stichloch zu geneigt ist, verengt sich nach oben. In den engeren Theil münden zwei Reihen von Windformen, welche den Wind aus ringförmigen, den Ofen umgebenden Kästen erhalten. Ueber der Formenebene erweitert sich der Schacht wieder und läuft bis zur Gicht ziemlich cylindrisch aus. Das Gerinne, welches das flüssige Spiegeleisen zur Birne führt, wird durch eiserne Böcke gestützt und besteht aus einer im Querschnitt dreieckig geformten gusseisernen Unterlage, welche mit Sand oder Masse ausgefüttert ist. Das Gefälle ist steil, um ein längeres Verweilen des geschmolzenen Spiegeleisens an der Luft zu vermeiden.

Diese Einrichtung des Kupolofens scheint den früher häufiger für das Spiegeleisenschmelzen gebräuchlichen Kupolofen nach Mackenzie'scher Einrichtung zu verdrängen. Dieser letztere Ofen hat einen im Horizontalquerschnitt ovalen Schacht, welcher in gleicher Weite bis zu einer kurzen steilen Rast niedergeht. Diese Rast, welche in nebenstehender Figur (150) abgebildet ist, wird besonders eingelegt und ist von dem Windkanal (*a*) umgeben; sie ruht auf einem kranzförmigen Winkeleisen (*b*), welches zwischen sich und dem den Herd bildenden Ofenfutter einen ringförmigen Schlitz (*c*) frei lässt, durch welchen der Wind in den Ofen tritt. Der Boden wird, wie bei dem vorher beschriebenen Ofen, durch eine in Scharnieren (*d*) gehende Klappe gebildet.

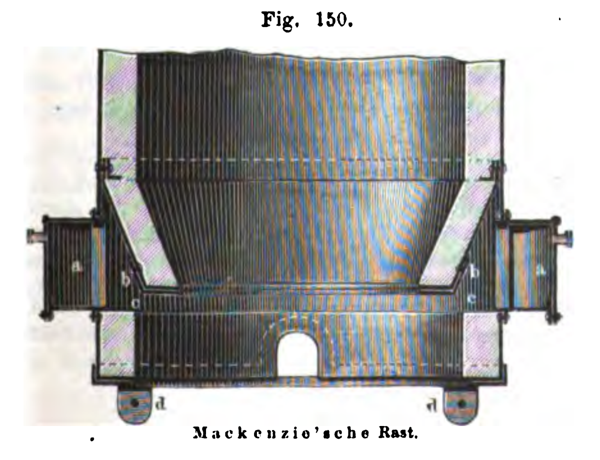
Fig. 149.



Dec. 10 5 0 1 2 3 Met.

Kupolofen für Spiegeleisen.

Fig. 150.



Mackenzie'sche Rast.

Der Mackenzie'sche Ofen, welcher seinen Zweck, das Spiegeleisen schnell und möglichst unverändert zu schmelzen, recht gut erreicht, hat den Nachtheil vollständiger Unhaltbarkeit, sobald das Eisen einmal den die Rast tragenden Ring erreicht, was wohl gegen ihn eingenommen hat. Die Kupolöfen für Spiegeleisen verlangen stets grosse Windzuführungsöffnungen und eine schwache Windpressung, um die Veränderung des Materials auf das geringste Maass zu beschränken.

Da in dem Spiegeleisenofen jedesmal nur bestimmte Quantitäten eingeschmolzen werden, der Betrieb also nicht ununterbrochen läuft, kann eine besondere zum Abmessen oder Abwägen des geschmolzenen Eisens benutzte Sammelpfanne zwar entbehrt werden, bleibt aber doch immerhin empfehlenswerth.

Was den Brennmaterialverbrauch für das Umschmelzen anbetrifft, so ist dieser weit geringer in den Kupolöfen als in den Flammöfen. Nach Dürre [1]) ist der Brennstoffverbrauch auf 100 Kg Roheisen im Kupolofen 20 Kg Koks, im Flammofen 60 Kg Steinkohlen. Dies entspräche auf Steinkohlen bezogen etwa nur der Hälfte für den Kupolofen. Bei einem regelmässigen und lebhaften Betriebe sinkt indessen der Koksverbrauch auf 9 bis 10 Kg, was nur 13 bis 15 Kg Steinkohle oder kaum $^1/_4$ des Verbrauchs im Flammöfen gäbe.

Die grösste Schwierigkeit beim Spiegeleisenschmelzen besteht in der leichten Zerstörbarkeit des Ofenherdes durch das flüssige Metall, welches viel stärker als manganarmes Roheisen feuerfesten Thon angreift. Es ist sehr wahrscheinlich, dass eine Wasserkühlung des unteren Theiles wesentlich dagegen schützen und dass der durch die Abkühlung bedingte grössere Brennmaterialverbrauch reichlich durch die geringeren Reparaturkosten aufgewogen werden würde [2]).

Wirkungsweise des Spiegeleisens.

Die ursprüngliche Absicht des Spiegeleisenzusatzes war allein eine Vermehrung des Kohlenstoffgehalts in dem durch den Bessemerfrischprocess entkohlten Eisen. Die dabei gleichzeitig eintretende Reduction giebt indessen dem Spiegeleisen einen doppelten Werth, der so hoch angeschlagen wird, dass es von seinem wichtigsten Erzeugungsorte, dem Siegerlande, nach allen Theilen der Welt versendet wird und dass man aller-

---

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1869, S. 305. — [2]) Der Verfasser hat den einzigen mit vollständiger Wasserkühlung im unteren Theile versehenen Kupolofen auf dem Erimuswerke bei Stockton in England gesehen. Der mit drei Formen versehene Ofen besitzt einen dreitheiligen Mantel, in welchem das Wasser in je einem ab- und einem aufsteigendem Strom circulirt. Der Ofen ist nach Art der Krigar'schen Oefen (Seite 361) mit einem Vorherd versehen, in welchem sich das Eisen sammelt. Eigenthümlich ist dabei, dass der Vorherd nicht überwölbt ist und die Ausstrahlung der Wärme lediglich durch eine starke Schlackendecke verhindert wird.

wärts bemüht ist, Materialien aufzufinden, welche zur eigenen Erzeugung dieser Roheisenart dienen können.

Der Kohlenstoff ist im Spiegeleisen nur im amorphen Zustande vorhanden. Er bedarf daher keiner Aenderung seines Zustandes. Aus diesem Grunde ist das Spiegeleisen jedem grafitischen Eisen vorzuziehen.

Der Kohlenstoffgehalt des Spiegeleisens ist in grossen Lieferungen ziemlich und bei bestimmten Sorten fast genau übereinstimmend. Es bedarf daher keiner jedesmaligen Kohlenstoffprobe, um die Grösse des Zusatzes an Spiegeleisen zu bestimmen, wenn man nur auf völlig entkohltes Eisen beim Frischen selbst hinarbeitet.

Das Mangan des Spiegeleisens ist leichter oxydirbar als der Kohlenstoff. Es wird daher auch bei bereits eingetretener Oxydation der Kohlenstoffgehalt nicht geändert.

Ebenso wie das Mangan verhält sich das Silicium, welches im Spiegeleisen enthalten ist. Es oxydirt sich durch den Sauerstoff des in der Birne enthaltenen Zwischenproductes und bildet Schlacke. Da der Siliciumgehalt des Spiegeleisens fast immer sehr gering ist, so wird stets der ganze Gehalt daran verschlackt.

Ist Mangan oder Silicium in grösserer Menge vorhanden, als dass beide oder wenigstens letzteres durch den Sauerstoffgehalt des entkohlten Eisens oxydirt werden könnte, so muss nochmals eine kurze Zeit geblasen werden. Hieraus erklärt sich die Verschiedenheit der Verfahrungsweisen in der Praxis, da auf einigen Werken der Stahl ohne weiteres nach Zusatz des Spiegeleisens ausgegossen wird, während auf anderen die Birne noch einmal aufgerichtet wird und der Wind einige Secunden selbst Minuten lang hindurchbläst.

Das wiederholte Blasen ist indessen nicht zu empfehlen, weil damit die Sicherheit, einen voraus bestimmten Kohlenstoffgehalt zu erzielen, wesentlich verringert wird.

Temperatur des Spiegeleisens.

Das Spiegeleisen wird der Regel nach im geschmolzenen Zustande zugesetzt. Die vielfach ausgeführten Versuche, nur glühendes, schwach vorgewärmtes oder gar kaltes Spiegeleisen anzuwenden, haben selten und wohl nur vorübergehend zu günstigen Resultaten geführt. Man will gefunden haben, dass in dem letzteren Falle der erzeugte Flussstahl schlechter, d. h. kurzbrüchiger ausfalle [1]). Der Grund kann hierfür ein doppelter sein. Erstens mischt sich das kältere Spiegeleisen nicht so leicht mit dem flüssigen Eisen, wie das heissere, der Stahl fällt daher ungleichmässiger aus; zweitens kann die Schlackenbildung in Folge der herabgedrückten Temperatur verzögert werden und unvollständiger von

[1]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1872, S. 377.

statten gehen, daher möglicher Weise ein Siliciumgehalt im Producte zurückbleiben.

In Cumberland hat man die Erfahrung gemacht, dass nur bei Anwendung geschmolzenen Spiegeleisens ein Nachblasen entbehrt werden könne. Da nun der Regel nach beim Zusatz ohne Nachblasen 2 bis 3 Proc. Spiegeleisen weniger angewendet werden dürfen, als im anderen Falle (7 bis 8 gegen 10 Proc.), so ist auch der Vortheil, welcher durch Ersparung an Brennmaterial entsteht, wenn ungeschmolzenes Spiegeleisen benutzt wird, nur scheinbar.

Zusammensetzung des Spiegeleisens.

Im Folgenden sind die wichtigeren Bestandtheile einiger zur Bessemerflussstahlbereitung benutzten Spiegeleisensorten zusammengestellt. In Bezug auf vollständigere Analysen wird auf Abtheilung II, S. 761 u. f. verwiesen.

	1.	2 [1]).	3.	4.	5 [2]).	6 [3]).
Amorpher Kohlenstoff .	4·323	4·770	4·083	3·934	4·029	3·184
Mangan	10·707	11·120	8·418	6·320	7·447	1·244
Silicium	0·997	0·820	0·879	0·606	0·112	0·184
Schwefel	0·014	Spur	0·036	Spur	nicht bestimmt	0·009
Phosphor	0·059	0·134	0·069	nicht bestimmt	0·078	0·031

[1]) Ausserdem 0·310 Kupfer.
[2]) „ 0·463 „
[3]) „ 0·820 Grafit.

No. 1. Spiegeleisen von Müsen im Siegerlande, vergl. Abtheil. II, S. 762,
No. 2. „ aus dem Siegerlande, „ „ II, S. 764,
No. 3. „ „ „ „ in Königshütte verwendet,
No. 4. Dasselbe nach dem Umschmelzen im Flammofen,
No. 5. Spiegeleisen von Neu-Oege in Westfalen,
No. 6. „ „ Schmögen in Ungarn.

Nimmt man hiernach im Durchschnitt für das Spiegeleisen einen Gehalt von 0·8 Proc. Silicium an, so verbrauchen 100 Gewichtstheile desselben zur Bildung von Kieselsäure 0·46 Gewichtstheile Sauerstoff. Da nun 100 Gewichtstheile des Bessemerschmiedeisens nach Bender[4]) 0·34 bis 0·37 Gewichtstheile Sauerstoff enthalten, höchstens $\frac{1}{10}$ an Spiegeleisen zugesetzt wird, so kommen auf einen durchschnittlichen Gehalt von 0·36 Gewichtstheilen Sauerstoff nur 0·08 Gewichtstheile Silicium, statt 0·63. Es muss also ein bedeutender Mangangehalt ausserdem oxydirt werden, um den Sauerstoff zu entfernen, wie im Folgenden noch näher ausgeführt werden wird.

---

[4]) Vergl. S. 394.

Manganreiches weisses Roheisen vertritt das Spiegeleisen in um so vollständigerem Grade, als es frei von Grafit, arm an Silicium und von einem gleichbleibenden Kohlenstoffgehalte ist. Die Unsicherheit in der letzten Beziehung, welche als Regel angesehen werden muss, macht indessen die Verwendung sehr wenig wünschenswerth.

Petzholdt führt von Seraing die folgende Tabelle des verbrauchten Roh- und Zusatzeisens an:

		Procente:				
		Silicium	Schwefel	Phosphor	Mangan	Kohlenstoff
Koksroheisen von	Maryport	4·35	0·030	0·03	Spuren, nicht bestimmt.	
	Askom	3·75	0·047	0·03		
	Vanhounsbrouck	2·65	0·095	0·03		
	Cleator	2·80	0·080	0·03		
	Solway	2·35	0·030	0·03		
	Westcumberland	2·98	0·060	0·03		
"	Ougrée in Belgien	0·90	0·080	0·023		
Holzkohlenroheisen aus	Schweden	1·05	Spur	Spur		
	Spanien (Asturien)	2·30	0·040	0·075		
		1·86	0·040	0·075		
Spiegeleisen aus Siegen		0·72	0·050	0·410	9·150	4·200
		0·73	0·030	0·130	9·850	4·850
		0·80	0·060	0·175	8·900	?

Reduction.

Wie bereits angedeutet, erfüllt das Spiegeleisen, welches in sehr vielen Fällen dem entkohlten Bessemereisen behufs der Rückkohlung zugesetzt wird, gleichzeitig den Zweck der Reduction durch seinen Silicium-, besonders aber seinen hohen Mangangehalt. Statt dieses kohlenstoffhaltigen Reductionsmittels wendet man aber auch kohlenstofffreiere Reductionsmittel an und unter diesen beinahe ausschliesslich eine Legirung von Eisen und Mangan, welche kurz Eisenmangan, auch Ferromangan oder Manganoferrum genannt wird [1]).

Reines oder kohlenstoffhaltiges Mangan anzuwenden ist zwar von Heath [2]) vorgeschlagen worden, die Reduction aus Manganoxyd oder kohlensaurem Manganoxydul ist aber ohne Zuschlag von Eisen so schwierig, dass ein praktischer Erfolg nicht erzielt wurde. Es ist schon darauf hingewiesen, dass Silicium denselben Zweck erfüllte, wie Mangan. Wenn nun die Legirung eines siliciumreichen Roheisens unzweckmässig ist wegen der Unmöglichkeit, ein solches Roheisen grafitfrei herzustellen, so würde ein Siliciumgehalt in der ganz oder fast

[1]) Neuerdings ist auch versucht worden ein durch Glühen seines Kohlenstoffgehaltes beraubtes Spiegeleisen anzuwenden, ein Verfahren, welches praktisch fast unausführbar erscheint (siehe folg. S. u. S. 485). — [2]) Vergl. Journal of the Iron and Steel Institute 1871, Kohn.

kohlenstofffreien Eisenmanganlegirung keinen Nachtheil haben. Bessemer schlug daher auch eine Verbindung von Eisen, Mangan und Silicium vor.

Darstellung von Eisenmangan.

Die Darstellung von Eisenmanganlegirungen im Hochofen giebt stets das kohlenstoffreiche Spiegeleisen, wenn genügende Mengen Mangan reducirt werden. Die Bedingungen hierfür sind ausführlich in der 2. Abtheilung Seite 581 u. f. erläutert. Es ist daselbst gezeigt, wie trotz aller möglichen Vorsicht es niemals gelingt, alles Mangan zu reduciren, sondern ein grosser Theil im oxydirten Zustande in die Schlacke geht und das erzeugte Eisen der Regel nach nicht mehr als 7 bis 10 Proc., ausnahmsweise 20 Proc. und darüber, enthält. Diese Roheisenart besitzt den höchsten überhaupt vorkommenden Kohlenstoffgehalt. Eine kohlenstofffreie oder kohlenstoffarme Legirung lässt sich bei dem Ueberschuss von Kohlenstoff im Hochofen und beim Vorhandensein einer Kohlenoxydatmosphäre nicht herstellen. Auch aus dem fertigen Spiegeleisen ist der Kohlenstoffgehalt nicht zu verringern, ohne gleichzeitige Abscheidung beinahe des ganzen Mangangehalts.

Soll eine manganreiche und dabei kohlenstoffarme oder kohlenstofffreie Legirung hergestellt werden, so ist die erste Bedingung die Anwesenheit von nur soviel Kohlenstoff, als zur Reduction gerade erfordert wird; ferner ist Bedingung die Abwesenheit von grösseren Mengen freier Kieselsäure, welche sich bis zur Sättigung eines Singulosilicats mit unreducirtem Mangan verbindet; sodann muss Eisenoxyd oder metallisches Eisen sowohl mit dem Manganoxyd als mit dem Reductionsmittel aufs innigste gemengt und endlich muss die Temperatur sehr hoch sein. Werden alle diese Bedingungen erfüllt, so gelingt es fabrikmässig Legirungen mit 20 bis 30 Proc. Mangan herzustellen. Die in den Handel kommenden Sorten enthalten meist nur 15 bis 20 Proc. Mangan.

Fabrikationsmethoden.

Die erste von Bessemer angegebene Methode der Ferromangandarstellung beruht auf der Reduction und Schmelzung in Tiegeln. Sie war ursprünglich auf eine Legirung von Eisen, Mangan und Silicium gerichtet. Die Tiegel werden nach Art der Gussstahlschmelztiegel aus Grafit, Thon und Schamotte, ersterer nach Möglichkeit überwiegend, angefertigt. Als Schmelzmaterial wird ein inniges Gemenge von Gusseisengranalien, Manganoxyd, gepulvertem Flaschenglas und Holzkohlenpulver angewendet. Das Eisen und das Flaschenglas schmelzen bei der Erhitzung

zuerst ein. Das erstere dient als Lösungsmittel für das reducirte Mangan, das letztere bildet eine luftabschliessende Schlackendecke. Mit der Höhe der Temperatur steigt der Manganreichthum der erhaltenen, niemals kohlenstofffreien Legirung, welcher bei Anwendung von Regeneratorfeuerungen sogar 60 Proc. erreichen soll. Niemals wird alles Mangan reducirt und in der That muss das sogar vermieden werden, weil sich von dem Augenblicke an eine dem Spiegeleisen ähnliche kohlenstoffreiche Legirung bilden würde.

Die zweite Methode ist von Henderson[1]) angegeben und soll in einem Regeneratorflammofen, dessen Herd nach Art eines tiefen Tiegels zugestellt ist, ausgeführt werden. Die Herdsohle ist aus Kokspulver mit geringem Zuschlage an feuerfestem Thon gestampft. Die Beschickung besteht aus einer Mischung von kohlensaurem Manganoxydul und Eisenoxyd, welche fein gemahlen und mit Kohle gemengt wird. Die Masse wird durch die Flamme des Ofens, welche durch Zuleitung überschüssigen Gases nach Möglichkeit reducirend gehalten werden muss, einige Stunden hindurch bis zu anhaltender Rothglut erhitzt. Erst nachdem die Reduction vollendet ist, wird zur Schmelzung geschritten, welche bei den höchsten erreichbaren Temperaturen stattfindet. Die in den angewendeten Erzen enthaltene Kieselsäure sowie die aus der Herdmasse entnommene bildet mit einem Theil des Mangans eine Schlacke. Es ist daher auch nicht möglich alles Mangan zu reduciren, sondern es wird immer mindestens der der vorhandenen freien Kieselsäure entsprechende Theil verschlackt, aber es gelingt doch ohne besondere Schwierigkeit bei hinreichend hoch gesteigerter Temperatur 20 bis 30 Proc. Mangan mit Eisen zu legiren.

In Frankreich zu Terrenoire hat man den Process dadurch modificirt, dass man den Tiegel zu einem eigentlichen Schachtofen ausgebildet hat. Das betreffende Patent sagt darüber Folgendes[2]):

„Granalien, Feil- oder Drehspähne von Schmiedeisen, Roheisen und Stahl, oder grob gepulverter Eisenschwamm, oder irgend welche kleine Stücke von Roheisen, Schmiedeisen oder Stahl in einem entsprechenden Zertheilungsgrade werden mit mangan-, wolfram- oder titanhaltigen Erzen oder mit Quarz[3]) gemischt, welche fein gepulvert und in einer der Legirung entsprechenden Menge zugefügt sind. Die Mischung wird vollständig und gleichmässig mit einer ammoniakalischen Lösung oder schwach angesäuertem Wasser befeuchtet und mit der Hand oder mechanisch in eine gusseiserne Form gepresst. Hierbei erzeugt sich eine grosse Menge Wärme und nach einigen Stunden findet man beim Oeffnen der Form eine feste, sehr harte Masse, welche man mit dem Hammer in beliebig grosse Stücke zerschlagen kann. Diese Stücke widerstehen vollkommen

[1]) Patente 1860 bis 1869, welche sämmtlich sehr unklar sind. Confr. Kohn im Journal of Iron and Steel 1871. — [2]) Revue universelle, Tome XXXV, 2. livr. p. 463. — [3]) Für den Fall der Erzeugung von Siliciumeisen.

der Rothglut und beginnen sich erst zu zertheilen beim Schmelzpunkte des Roheisens."

„Man kann aus denselben in einem passenden Schachtofen Eisenmanganlegirungen in allen Verhältnissen von 25 bis 50 Proc. des letzteren Metalls, ferner Siliciumeisen mit einem Gehalt bis zu 22 Proc. Silicium, endlich zwei- oder dreifache Legirungen von Eisen, Wolfram oder Titan herstellen, aber es gehören sehr hohe Temperaturen dazu, d. h. man muss Apparate construiren, in welche man einen hoch erhitzten und stark gepressten Wind einführen kann."

„Der Ofen ist zu diesem Zwecke zusammengesetzt aus einem Schacht von feuerfesten, möglichst harten Ziegeln, in denen Aluminium vorwaltet, einem Gestell aus Kalk, Magnesia oder reiner Thonerde und einem Herde aus Kohle, Kalk oder Magnesia."

„Der Kohlenherd wird aus einem einzigen Stücke hergestellt, indem man eine Mischung von Grafit, Gaskohle oder Koks mit Pech in einem Eisenblechmantel formt, bei vollständigem Luftabschluss einige Stunden hindurch einer dunklen Rothglut aussetzt, wonach man eine sehr harte Masse ohne Spalten und Fugen erhält. Das Gestell ist von einem Eisenblechmantel umschlossen, welcher fest aufgehängt ist, während der Herd beweglich angelegt und beim Gebrauch nur gegen ersteres angepresst wird, so dass man ihn leicht auswechseln kann. Der Wind wird auf 350° erhitzt und hat eine Pressung von 13 bis 15 cm Quecksilbersäule."

Zu Terrenoire in Frankreich soll man regelmässig in 24 Stunden 750 Kg einer 23 bis 25 Proc. Mangan haltenden Legirung erzeugen.

Das Theuerste an diesem Processe ist das Mangancarbonat, welches meist in Form des Manganspaths angewendet zu werden scheint [1]. Der Manganspath enthält stets grössere oder geringere Mengen von kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Eisenoxydul und ist fast immer durch mechanisch beigemengten Quarz verunreinigt. Der dunkelrosenrothe Manganspath von Vieille in den Pyrenäen enthält 97·1 Proc. kohlensaures Manganoxydul, andere Arten weit weniger, oft nur bis zu einigen 70 Proc. hinab.

Die dritte Methode von William [2]) wird wie die erste in Tiegeln ausgeführt, welche in Oefen mit Regeneratorfeuerung erhitzt werden. Der Unterschied besteht in dem Reductionsmittel. Kohlensaures Manganoxydul und Eisenoxyd werden nämlich mit Pech oder eingedicktem Theer (auch wohl Oel oder Petroleum) mit oder ohne weiteren Zusatz von Kohlenstaub innig gemischt.

Eine vierte Methode giebt Thomson an [3]. Derselbe bedient sich des Henderson'schen Ofens, reducirt aber unter einer Decke von Salz (Chlornatrium). Mit 10 Gewichtstheilen Manganerz werden 30 Gewichts-

---

[1] Es finden sich in der Literatur nirgends Angaben darüber, ob man auch künstlich hergestelltes verwendet. — [2] Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1871, S. 287. — [3] Dingl. polytechn. Journ. Bd. 199 (1871).

theile gute Steinkohle, 30 Gewichtstheile Kochsalz und 10 Gewichtstheile Kalk in gepulvertem Zustande innig gemengt und dann im Flammofen zu Weissglut erhitzt. Es bildet sich dabei keine geschmolzene Masse, sondern nur ein Manganschwamm, welcher mit einem auf irgend eine Weise erzeugten Eisenschwamm unter einer Kochsalzdecke auf Ferromangan zusammengeschmolzen werden kann.

Gestattet die erste Methode auch die Herstellung der reichsten Legirungen, so ist doch der Procentgehalt an Mangan sehr unsicher. Die zweite Methode zeichnet sich durch die Möglichkeit hoher Production aus. Man kann in 24 Stunden in einem Ofen 700 bis 1000 Kg erzeugen, aber die Legirung fällt, bei gleicher Manganmenge wie im ersten Falle, weit ärmer aus. Die dritte Methode theilt mit der ersten die Kostspieligkeit des immer nur gleichzeitig geringe Mengen (30 Kg pro Tiegel) erzeugenden Verfahrens, giebt aber sehr gleichmässige und in Bezug auf den Manganreichthum der Legirung die beiden anderen Verfahren übertreffende Resultate, weshalb sie auch gegenwärtig die gebräuchlichste ist. Wie weit sich die vierte Methode bewährt hat, ist dem Verfasser unbekannt.

Mit Recht hat Tamm [1]) darauf hingewiesen, dass der Zuschlag einer mit Mangan gesättigten Schlacke zu einer vollständigen Reduction wesentlich beitragen müsse. Man wird eine solche neben den Oxyden und dem Reductionsmittel als Fluss anwenden können.

Einer allgemeinen Anwendung des Ferromangans hat sich bisher immer noch der hohe Preis entgegengestellt, welcher in keinem Verhältnisse zu den Vortheilen steht, welche das Ferromangan gegen das billigere Spiegeleisen gewährt. Jedoch darf man die Hoffnung nicht aufgeben, dass die weitere Entwickelung des modificirten Henderson'schen Processes im Schachtofen schliesslich auch zu ökonomisch günstigen Resultaten führen und dann die Möglichkeit gewähren wird, an Stelle der verhältnissmässig viel Kohlenstoff und wenig Mangan enthaltenden Legirung des Spiegeleisens eine kohlenstoffärmere und sehr manganreiche Substanz zu setzen, wenn es darauf ankommt, ein niedrig gekohltes Product zu erzeugen [2]).

Zusammensetzung des Ferromangans.

Nach Darmstadt [3]) ist das in England und Amerika an Stelle des deutschen Spiegeleisens benutzte Eisenmangan folgendermaassen zusammengesetzt:

---

[1]) Amtl. Ber. über d. Wiener Weltausstellung 1873, Bd. III, Abthl. I, S. 845. — [2]) Philippart (Revue universelle XXXV, 2. livr., p. 462, 1874) führt mit Recht an, dass wenn man ein 10 Proc. Mangan haltendes Spiegeleisen durch ein 50procentiges Ferromangan ersetzen wolle, man also statt 10 Kg Spiegeleisen auf 100 Kg Roheisen nur 2 Kg Ferromangan brauche, doch die Preise sich noch etwa verhalten wie 2:5. — [3]) Fresenius, Zeitschrift 8, S. 114.

Eisen	73·474
Mangan	21·064
Kobalt	0·007
Zink	0·062
Kupfer	0·072
Blei	0·011
Aluminium	Spur
Titan	0·011
Calcium	0·175
Magnesium	0·035
Arsen	0·001
Antimon und Zinn	0·030
Phosphor	0·109
Schwefel	Spur
Silicium	0·059
Kohlenstoff	4·805
	99·915

Ferromangan von Reschitza untersuchte Sturm [1]) und fand:

Kohlenstoff	6·21
Silicium	0·28
Phosphor	0·06
Schwefel	Spur
Kupfer	0·14
Mangan	69·64
Eisen	23·46

Beide Analysen stellen eine, auch verhältnissmässig recht kohlenstoffreiche Zusammensetzung dar, während nach den Angaben der Hüttenleute zu Terrenoire gerade der geringe Kohlenstoffgehalt des dort verwendeten Ferromangans ein wesentlicher Vorzug sein soll.

Darstellung von Siliciumeisen und Siliciummangan.

Siliciumeisen. Das siliciumreiche Roheisen des Hochofenprocesses ist immer grafithaltig und aus diesem Grunde nicht zweckmässig als Kohlungs- oder Reductionsmittel zu verwenden [2]), da es immer zweifelhaft bleibt, ob der im entkohlten Eisen enthaltene Sauerstoffgehalt hinreicht, alles Silicium zu oxydiren, und wenn dies nicht der Fall ist, ein doppelt nachtheiliger Einfluss entsteht, einmal aus dem dann noch vorhandenen Grafitgehalte, andererseits aus dem unoxydirten Silicium.

---

[1]) Oesterr. Jahrb. XXI, Bd. 2, 1873. — [2]) Wogegen, wie früher auseinandergesetzt, ein hoher Siliciumgehalt für das Materialeisen des Bessemerfrischens nur erwünscht ist. S. S. 374.

Kohlenstofffreies Siliciumeisen ist schwer herzustellen, wie in Abtheilung I, Seite 116 auseinandergesetzt wurde. Nach Percy, dessen verschiedene Versuche zu ungünstigen Resultaten führten, haben mit besserem Erfolge Dr. Hahn und W. Mrázek zu Pribram Siliciumeisen ohne oder mit nur geringem Kohlenstoffgehalte dargestellt.

Hahn erhielt Siliciumeisen von 10·093 Proc. Silicium und 0·884 Proc. Kohlenstoff durch Schmelzen von Gussstahl mit Kieselfluornatrium, Natrium, Zink und Kochsalz; Siliciumeisen von 20·29 Proc. Silicium ohne Kohlenstoff, durch Schmelzen von Eisenchlorür-Chlornatrium mit Silicium, Natrium und Flussspath, endlich Siliciumeisen von 30·86 Proc. Silicium ohne Kohlenstoff durch Schmelzen von Eisenchlorür-Chlornatrium mit Kieselfluornatrium und Natrium [1]). Alle diese Wege sind für die Technik unausführbar.

Mrázek erreichte dasselbe Ziel weit einfacher durch Schmelzen von 100 Gewichtstheilen Eisendraht mit 62 Gewichtstheilen Natrium, 242 Gewichtstheilen Quarz und 105 Gewichtstheilen Flussspath [2]).

Das Product enthielt neben einer Spur Kohlenstoff 7·42 Proc. Silicium und 92·58 Proc. Eisen. Das Natrium wurde zugesetzt, weil Quarz und Flussspath beim Schmelzen Fluorkieselgas entwickeln und durch Natriummetall dessen Kieselgehalt ausgefällt werden muss. Dieser Natriumzusatz stellt auch dieser Methode ein Hinderniss für die praktische Anwendung entgegen.

Siliciummangan. Siliciummangan ist zuerst von Brunner aus den Fluor- und Chlorverbindungen des Mangans mittelst Natriums in kieselsäurehaltigen Tiegeln bis zu 6·4 Proc. und unter absichtlichem Zusatz von Kieselfluorkalium und Kieselsäure bis zu 10 Proc. Siliciumgehalt dargestellt worden, wie Abtheil. I, S. 114 erörtert wurde.

Wöhler erzeugte durch Schmelzen von Fluormangan oder Chlormangan kieselsaures Alkali, Flussspath oder Kryolith und Natrium, wie an derselben Stelle erwähnt, Siliciummangan mit einem Gehalte des letzteren Metalls bis zu 13 Proc.

Mrázek erhielt beim Schmelzen von 717 Gewichtstheilen Manganchlorür, 898 Gewichtstheilen Quarz, 674 Gewichtstheilen Kryolith und 645 Gewichtstheilen Natrium ein 13·13 Proc. Silicium haltendes Mangan.

Das Natrium vertheuert alle diese Processe zu sehr, um sie für die Technik brauchbar erscheinen zu lassen.

Kohlenstoffmangan, welches durch Reduction von Manganerzen mit Kohle erhalten wird, enthält immer etwas Silicium, nach Bachmann [3]) neben 0·1 bis 2·9 Proc. Kohlenstoff bis zu 1·9 Proc. Silicium,

---

[1]) Annal. d. Chem. Pharm. CXXIX, S. 57, und Oesterr. Jahrb. Bd. 20, S. 413. — [2]) Oesterr. Jahrb. Bd. 20, S. 415. Bei Zuschlag von Kryolith an Stelle von Flussspath erhielt man ein Product mit 0·16 Proc. Kohlenstoff, 5·95 Proc. Silicium, 2·30 Proc. Aluminium, 91·59 Proc. Eisen. — [3]) Loc. cit.

aber die Darstellung im Grossen ist wie oben auseinandergesetzt, sehr schwierig.

Uebrigens ist nicht zu vergessen, dass das auf diese Weise erhaltene Kohlenmangan nicht, wie man vielleicht vermuthen könnte, den Kohlenstoff amorph, sondern zum grössten Theil als Grafit enthält.

So fand Mrázek folgende Bestandtheile in einem Mangankönig, welcher in einem mit Kienruss ausgefütterten Thontiegel erzeugt war:

Kohlenstoff	amorph	0·49
	Grafit	1·00
Silicium		Spur
Mangan		98·51

Ausserdem war der König mit einer Oberflächenschicht von Grafit bedeckt.

Man kann daher nur empfehlen, vorläufig dann, wenn man Spiegeleisen nicht benutzen will, beim Ferromangan stehen zu bleiben, dem der, wie es scheint, stets nur geringe Siliciumgehalt nichts schadet [1]).

c. Flammofenflussstahl.

Der Flammofenflussstahl wird erzeugt durch Auflösung von Schmiedeisen in einem im Herde eines Flammofens eingeschmolzenen Roheisenbade.

Geschichtliches.

Das Entkohlen flüssigen Roheisens durch Zusatz von Schmiedeisen ist insofern ein uraltes, als es schon bei einer grossen Zahl von Frischarbeiten auf Stahl im Holzkohlenherde angewendet worden war [2]).

1540 veröffentlichte Vanoccio Biringuccio eine Mittheilung darüber, dass man Stahl durch Eintauchen von Schmiedeisen in Gusseisen bereiten könne [3]).

Offenbar ergiebt sich aber aus der betreffenden Stelle, dass das Stabeisen, welches in ein in einem Herde enthaltenes Roheisenbad getaucht wurde, nicht darin aufgelöst wurde, sondern nur so lange bei einer zur Schmelzung nicht hinreichenden Temperatur darin blieb, bis es hinreichend viel Kohlenstoff aufgenommen hatte, um sich nachher bei plötzlicher Abkühlung härten zu lassen. Es handelt sich hier also um einen Cementations-, keinen Flussstahlprocess.

---

[1]) Tamm erzeugte sog. Gussmangan durch Reduction von Braunstein unter Zusatz einer Manganschlacke, welches enthielt 96·90 Mn, 1·05 Fe, 0·85 Si und nur 0·95 C (conf. Chem. News 1872, No. 661 u. 666). Seine Zuschläge waren Glas, Kalk und Flussspath, also keine theuren Substanzen. — [2]) Vergl. z. B. S. 98, bei der Paaler Arbeit. — [3]) Della Pirotechnia. Stampata in Venetia 1540, Lib. I, cap. 7, p. 18; Percy (Iron 807) citirt die ganze historisch interessante Stelle.

Spätere Angaben von Réaumur (1722)[1]) kommen auf denselben Gegenstand zurück, ohne eine andere Auslegung zu versuchen. Interessant ist die von Hassenfratz auf Grund der bereits oben[2]) erwähnten Mittheilungen des Bergschuldirectors Vandenbroeck gemachte Angabe über ein bereits vor 1812 in England ausgeübtes Verfahren. Hiernach sollte in einem mit einem tiegelartigen Herde zugestellten Flammofen eine Mischung von Roheisen, Schmiedeisenschrot und Hammerschlag eingeschmolzen werden. Dieselbe wurde auf die Feuerbrücke gesetzt, schmolz und sammelte sich von Schlacke bedeckt im Herde. Nachdem das ruhende Metallbad mit Holzstangen umgerührt und dadurch gut von Schlacke befreit war, wurden Proben genommen, nach deren Beschaffenheit entweder stark cementirter Stahl oder Eisenabfälle zugesetzt wurden, je nachdem das Product zu weich oder zu hart erschien. Dann wurde die Schlacke gezogen und der Stahl in Formen abgestochen, um später ausgeschmiedet zu werden.

1845[3]) nahm Josiah Marshall Heath ein Patent auf die Darstellung des Stahles nach folgender Methode: Das Roheisen wird flüssig aus dem Hochofen entnommen, oder im Flamm- oder Kupolofen umgeschmolzen. Man sticht es in einen überwölbten Herd ab, in welchem eine hohe Hitze erzeugt wird, indem aus Doppeldüsen Gas und Wind eingeleitet werden. Obwohl das Verhältniss zwischen Roheisen und Schmiedeisen wechseln kann, empfiehlt Heath für gewöhnlichen Stahl gleiche Mengen beider. Das Schmiedeisen wird in Form von Schnitzeln oder von Schwamm angewendet, hellrothglühend gemacht und dann in das Roheisenbad eingetragen. Nach hinreichendem Umrühren werden Proben genommen, während das Bad durch eine glasige Schlackendecke geschützt bleibt.

Obwohl dieser letzte Versuch genau an das jetzige Verfahren Martin's anschliesst, scheiterte er doch an dem Mangel hinreichender Temperatur und wohl auch an der Absicht, alle möglichen schlechten Materialien auf diese Weise in guten Stahl umwandeln zu können, einem Fehler, dem sich Martin übrigens nicht weniger im Anfange seiner Studien hingab.

Seit 1858, wo Sudre in Frankreich, zum Theile unterstützt durch kaiserliche Mittel, die Versuche in ziemlich gleicher Weise wie Heath aufnahm, sind sie nicht wieder unterbrochen worden, bis Martin zu Sireuil 1865 durch Anwendung der Simens'schen Regeneratorfeuerung[4]) und unter Benutzung vorzüglicher Materialien einen praktischen Erfolg erreichte.

---

[1]) Mehrere historische Nachrichten, welche hier benutzt sind, verdanken wir Gruner, welcher sie in dem Aufsatze: De l'acier et de sa fabrication in den Ann. de mines, VI. Liv., t. XII, veröffentlicht hat. [2]) Seite 517. [3]) Specification Nro. 10 798. [4]) Welche Gruner, wie er am genannten Orte S. 282 angiebt, schon 1864 vorgeschlagen hatte.

Ueberblickt man die geschichtliche Entwickelung des Processes, so ist ersichtlich, dass, nachdem hauptsächlich durch den Puddelprocess die Anwendung der. Flammöfen allgemein bekannt geworden war, die Versuche Stahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeisen herzustellen, ununterbrochen fortliefen. Das Scheitern ist der Regel nach einerseits dem Mangel an einem geeigneten, die Oxydation des Schmiedeisens hindernden Schutzmittel zuzuschreiben, wodurch ein vollkommener Frischprocess eingeleitet wurde, andererseits dem Mangel an geeigneter hoher Temperatur.

Da eine anhaltende hinreichend hohe Temperatur nur sehr schwer durch directe Feuerung zu erreichen ist, so darf mit Recht die Erfindung des Siemens'schen Regeneratorofens als die praktische Grundlage des Flammofenprocesses angesehen werden.

Aus diesem Grunde pflegt man den jetzt gebräuchlichen Process sowohl nach Martin als nach Siemens, auch wohl nach beiden zusammen zu bezeichnen.

Zusammensetzung der Anlage.

Der Hauptapparat einer Flammofenflussstahlanlage ist der Schmelzofen, welcher mit Generatorgasen betrieben wird und mit Regeneratoren versehen ist. Das Schmelzmaterial wird angewärmt in einem Glüh- oder Wärmofen, der ebenfalls durch Gas geheizt wird, aber nicht immer mit Regeneratoren versehen ist. Zuweilen ist der Wärmofen mit dem Schmelzofen verbunden. Das flüssige Product wird der Regel nach in eine Giesspfanne abgestochen, welche entweder drehbar, wie beim Bessemerprocesse, eingerichtet ist oder feststeht. Zuweilen fehlt sie ganz. In den beiden letzten Fällen befinden sich die Gussformen auf einem Wagen, welcher vor dem Ofen entlang und unter der Giesspfanne oder dem Abstich her gefahren wird. Auch findet sich noch die Einrichtung, dass die Giesspfanne auf Rädern ruht und über die feststehenden Formen gefahren wird, endlich wenn auch selten, die Benutzung eines Drehtisches, auf dem die Formen stehen.

Der Schmelzofen.

Der Schmelzofen ist stets mit Regeneratorfeuerung versehen. Mit gewöhnlicher Feuerung gelingt es zwar auch die nöthige Temperatur herbeizuführen, es ist dies aber sehr schwierig und noch schwieriger diese hohe Temperatur gleichmässig zu halten, daher es ganz verfehlt wäre, von der Regeneratorfeuerung wieder abzugehen.

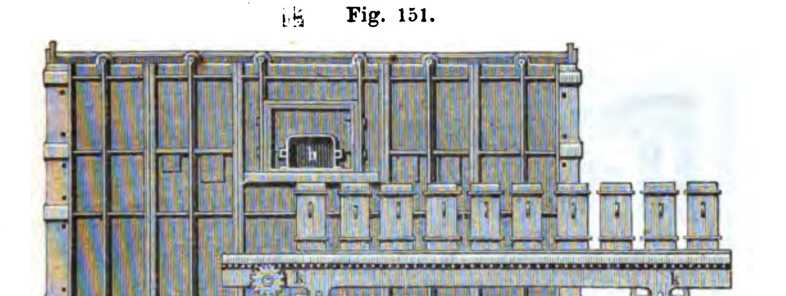
Die gewöhnliche Art und Weise, in welcher dieser Ofen gebaut wird, ist in den Figuren 151 bis 155 [1]) abgebildet.

---

[1]) Nach A. Noblet in Revue universelle, 15. année, t. 28, p. 181 u. Pl. IX.

Die Regeneratoren *cc* sind unter der Hüttensohle angeordnet und stehen paarweis der Länge nach, den ganzen Grundriss des Ofens in Anspruch nehmend. Der Herd selbst wird von Eisenplatten getragen und

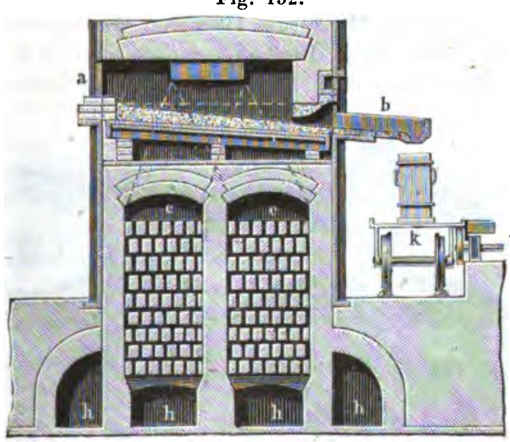
Fig. 151.



Vorderansicht von der Abstichseite.

lässt zwischen diesen und dem Gewölbe der Regeneratoren einen hinreichenden Raum, um Reparaturen und Auswechselungen machen zu können. Durch diesen Raum streicht die Luft und kühlt den Boden. In der Mitte der einen langen Seite des Ofens befindet sich die Einsatz-

Fig. 152.



Verticalschnitt nach *AB* (Fig. 154).

Decim. 1 0 1 2 3 4 Meter.

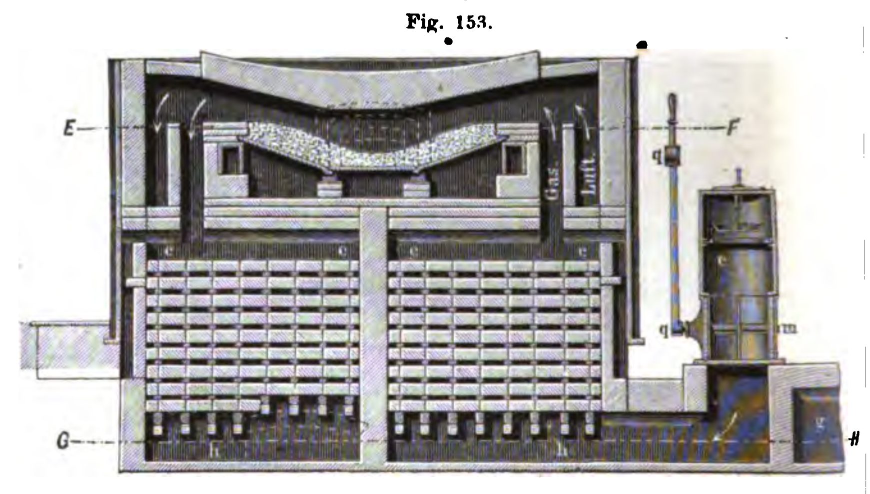
Maassstab für Fig. 151 bis 154.

thür *a*, an der entgegengesetzten der Abstich *b*. Bei dem abgebildeten Ofen stehen die Gussformen auf dem Wagen *k*, welcher mit Zahnstangen versehen durch ein Getriebe fortbewegt wird. Die Gas- und Luftzuführung zu dem Ofen ergiebt sich aus dem Grundrisse Fig. 154 (a. f. S.); die Anordnung der Wechselventile *m* und *n*, welche durch Handgriffe *p* und *q*

bewegt werden, aus Fig. 155. Die Regulirung der Gasmengen geschieht durch Tellerventile.

Bei später errichteten Oefen zog man es vor, die vier Regeneratoren quer zum Ofen nebeneinander zu legen und zwar die beiden grösseren

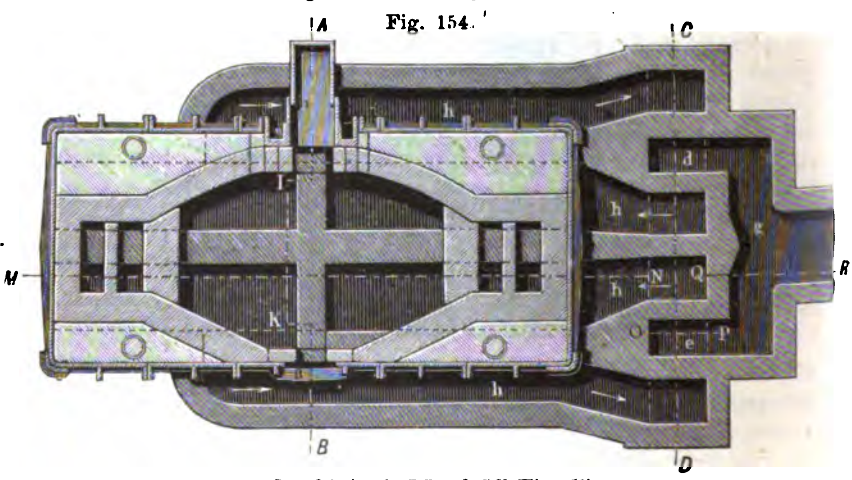
Fig. 153.



Längsschnitt nach *M R* (Fig. 154).

Luftregeneratoren in die Mitte, die kleineren Gasregeneratoren an die Seite (vergl. Fig. 156 S. 540). Endlich gelangte man zu der Anordnung, den unter dem Herde liegenden Raum ganz frei zu lassen, die Regene-

Fig. 154.

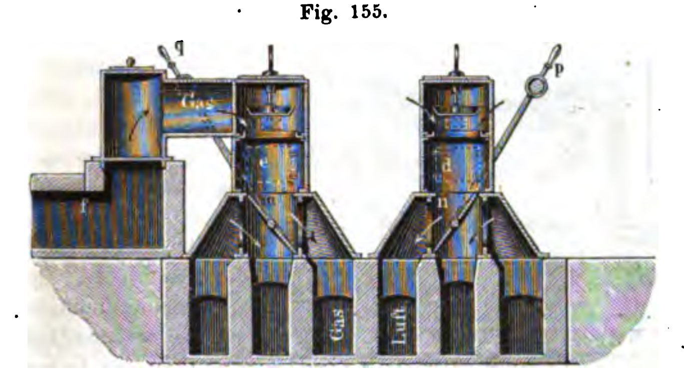


Grundriss nach *E F* und *G H* (Fig. 153).

ratoren aber paarweis seitwärts zu legen. Diese letztere Anordnung ist entschieden die beste, weil man dadurch allein die kostspieligen Regeneratoren ganz vor Beschädigungen von etwa durchbrechendem Stahl schützen kann.

Ferner lässt man jetzt zu besserer Vereinigung Gas und Luft in abwechselnden schlitzförmigen Kanälen (G und L) austreten, wie dies

Fig. 155.



Ventile. Schnitt nach CD (Fig. 154).

Fig. 156 (a. f. S.) zeigt, an welcher gleichzeitig das System der über die tiefer liegenden Gussformen geführten Giesspfanne (g) dargestellt ist.

Vor allen Dingen kommt es darauf an, hinreichende Gasmengen zu Gebote zu haben, um den Ofen beständig in hoher Temperatur halten zu können. Es ist daher erforderlich, die Gasgeneratoranlage so einzurichten, dass etwaige Reparaturen und namentlich die von Zeit zu Zeit erforderliche Reinigung der Roste keinen störenden Einfluss ausübe, und daher lieber einen oder einige Reserveschächte anzulegen.

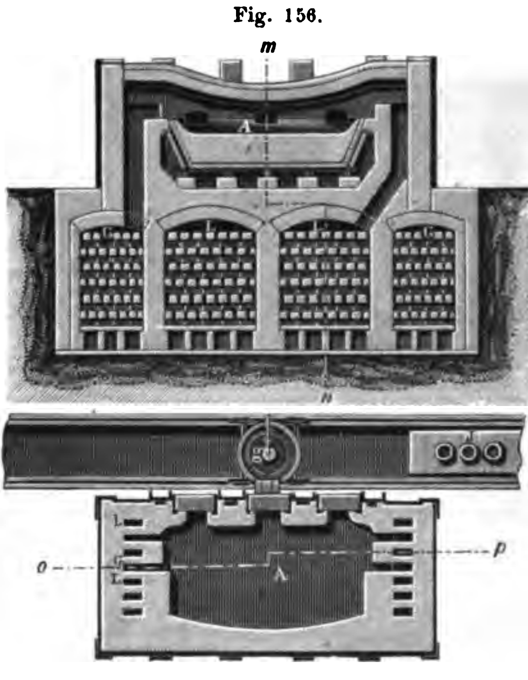
Der Regel nach befindet sich die Einsatzthür der Abstichöffnung gegenüber, seltener liegt sie, wie in der Fig. 156 (a. f. S.) an derselben Seite. Die erstere Einrichtung ist mehr zu empfehlen, erstens, weil die Anordnung des Glühofens sich bequemer auf der dem Abstich entgegengesetzten Seite macht und zweitens, weil man nach dem Gusse sofort zur Reparatur der Sohle schreiten muss und dabei durch die am Abstichloche unvermeidlich hängenbleibenden heissen Massen gehindert wird. Im übrigen muss man so kleine Oeffnungen als möglich wählen, damit der Luftzutritt von aussen und die damit verbundene Abkühlung auf ein sehr geringes Maass beschränkt werden könne. Freilich erleichtern mehrere Oeffnungen die Arbeit des Umrührens sehr und man ist daher vielfach zur Anlage von je drei Arbeitsöffnungen übergegangen, was auch zulässig ist, wenn dieselben gut und sauber schliessend gearbeitet sind und in diesem Zustande unterhalten werden.

Herdsohle.

Die Herdsohle wird, nachdem die Eisenunterlage mit Thonbrei überzogen ist, aus Sand aufgeschlagen. Der dazu verwendbare Sand muss feuerfest sein, d. h. darf bei den höchsten Temperaturen im Ofen nur an

der Oberfläche ein wenig sintern. Er kann einen geringen Thongehalt besitzen, welcher ihn plastischer macht. Zuweilen ist ein sehr geeigneter Sand etwas eisenhaltig und dadurch gelblich oder röthlich gefärbt. Von Kalk, Alkalien und Schwefelkies muss er ganz frei sein. Ein mittelfeines, scharfkantiges Korn ist besser als ganz feiner und rundkörniger Sand. In Oesterreich wendet man nach Kupelwieser[1]) mit Vortheil ein Gemenge von 4 bis 9 Thln. Quarzsand mit 1 Thl. feuerfestem Thon an.

Fig. 156.



Schmelzofen. Aufriss und Grundriss.

Die Sohle wird concav aufgestampft und erhält eine geringe Neigung zum Abstich. Indessen legt man sie nicht selten so, dass nach dem Abstich noch ein als Auflösungsbad für die nächste Hitze dienender Stahlsumpf zurückbleibt. Man giebt der Sohle eine Dicke von 0·15 bis 0·20 m.

Die Grösse des Herdes richtet sich nach der Menge des zu verarbeitenden Metalles, welches niemals ein über 0·1 bis 0·2 m tiefes Bad bilden soll. Man hat Oefen von 1000 bis 12 000 Kg Einsatz, obwohl man der Regel nach zwischen 1500 und 6500 Kg bleibt.

Beispiele. Die Oefen zu Sireuil sind für 1500 bis 2500 Kg, die zu Firmeny für 3000 bis 3500 Kg, die zu Terrenoire für 5000 Kg, die zu Creuzot für 3350 und 6300 bis 6350 Kg berechnet. Auf österreichischen Hütten setzt man 3000, auf westfälischen 3000 bis 4000 Kg in je einen Ofen ein.

Reparaturen.

Nach jeder Hitze muss der Herd, falls nicht ein Stahlsumpf zurückbleiben soll, sorgfältig von etwa anhängenden Stahlkörnchen gereinigt werden. Es bilden sich zuweilen kleine Tümpel in dem Boden. Diese

[1]) Oesterr. Jahrb. Bd. XX, S. 389.

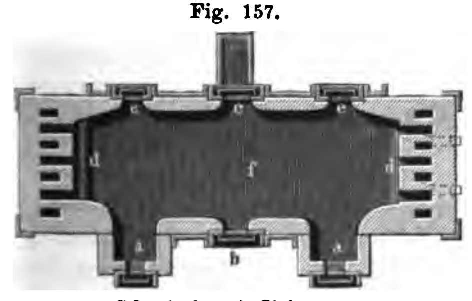
werden mittelst eines scharfen Hakens gleich nach dem Abstich und ehe das Metall erstarrt nach dem Stichloche hin abgezapft. Auch die Schlacke muss nach Möglichkeit entfernt werden. Darauf werden alle Unebenheiten des Bodens durch frischen Sand ausgeglichen. Ein Boden hält bei zwei- bis dreimaligem täglichen Schmelzen der Regel nach $1^1/_2$ Monate, nicht selten aber noch länger aus, ehe er ganz erneuert zu werden braucht. Wände und Gewölbe des Ofens macht man aus sehr feuerfesten, am besten Dinasziegeln, welche bekanntlich aus beinahe reinem Quarz mit etwas Kalk bestehen [1].

Eine Erneuerung des Gewölbes, welche nach $1^1/_2$ Monaten kaum zu umgehen ist, macht viele Schwierigkeiten, wenn man den Ofen nicht ganz abkühlen lassen will. Sie geschieht am besten so, dass man nach Abbruch des alten Gewölbes den Ofen mit Ziegelbrocken füllt und dadurch eine kühlere Oberfläche bildet, auf welcher die Gewölbbogen aufgeführt werden können. Nach Angabe von Noblet [2]) gelingt es auf diese Weise das Gewölbe in 45 Minuten zu erneuern, was allerdings sonst kaum erreichbar erscheint.

Der Glühofen.

Der Glühofen wird der Regel nach auch mit Gasen geheizt, aber häufig, obwohl sich hierfür ein triftiger Grund nicht einsehen lässt, fehlen die Regeneratoren. Man führt an, dass sich in diesem Falle die Abhitze zur Dampferzeugung benutzen lasse, indessen braucht man um so viel mehr Gas, welches mit besserem Erfolge direct zur Heizung von Dampfkesseln benutzt werden könnte. Der Ofen besitzt eine dem Schmelzofen gegenüber gelegene Einsatzthür. Ein Krahn bedient gemeinschaftlich beide Oefen.

Fig. 157.



Schmelzofen mit Glühräumen.

Recht wohl kann ein Glühofen für zwei Schmelzöfen gemeinschaftlich gebraucht werden. Man stellt ihn dann gegenüber der Mitte beider und so, dass die von zwei Krähnen, welche die Schmelzöfen bedienen, beschriebenen Kreise gerade auf die Thür treffen.

Zu Dowlais in Südwales ist die Anlage besonderer Glühöfen ganz vermieden und jeder Schweissofen ist mit zwei Vorherden zu diesem Zwecke versehen. Diese beiden in der Fig. 157 mit *aa* bezeichneten

[1]) Vergl. Bd. I der Metallurgie S. 243. — [2]) Revue universelle, 15. ann., t. 28, p. 181.

Vorherde liegen den Thüren *e e* gegenüber, welche hier nicht zum Einsetzen, sondern zum Hereinziehen der vorgeglühten Eisenstücke in den Herdraum dienen, was, wie es scheint, durch die an den Glühräumen selbst angebrachten Thüren nicht allein ausführbar ist. Dem Stich *c* gegenüber liegt die Arbeitsthür *b* des Ofens. Die Ofentheile *a a* werden beinahe nur durch die strahlende Wärme des Ofens geheizt, aber diese genügt auch vollständig.

Immerhin dürfte sich ein besonderer Glühofen mehr empfehlen, weil die Vorherde doch einigermaassen die sorgfältige Arbeit hindern, auch bei dem Besetzen derselben mehr Luft einströmt, als der Regel nach wünschenswerth ist; indessen kann man auch bei hinreichender Gasmenge das Vorwärmen und daher die dazu nöthigen Oefen oder Herde ganz entbehren, wie das z. B. bei Krupp in Essen geschieht, wo die Zusätze kalt in den Schmelzofen gelangen.

Der Process.

Nachdem das Aufschlagen oder die Wiederherstellung der Sandsohle im Schmelzofen vollendet ist, beginnt der Process mit dem Einsetzen des der Regel nach zu heller Rothglut vorgewärmten Roheisens in Bruchstückform. Es wird mittelst einer an einem Drehkrahne hängenden Schaufel eingetragen und bei ganz geschlossenen Thüren eingeschmolzen, meistentheils ohne jeden Zusatz. Das Einschmelzen wird wesentlich erleichtert, wenn sich im Ofen von der vorhergehenden Hitze her noch ein Stahlsumpf befindet.

Die Grösse des Roheiseneinsatzes ist sehr verschieden und schwankt je nach der Beschaffenheit desselben und der in dem Ofen zu erzielenden Temperatur zwischen 150 und 1200 Kg.

Ist das Einschmelzen vollendet, so wird die Arbeitsthür geöffnet und mit einer Kratze (wie beim Puddeln [1]) der Herd untersucht; etwaige Ansätze werden losgebrochen und zum Schmelzen gebracht. Bei dieser Gelegenheit erfährt das Metallbad ein vollkommenes Durchrühren. Die Schlacke, welche sich gebildet und hauptsächlich Material aus den Ofenwänden und der Sohle erhalten hat, daher sehr kieselsäurereich zu sein pflegt, wird abgezogen, falls davon zu viel vorhanden ist. Zuweilen genügt indessen die vorhandene Schlackendecke zum hinreichenden Schutze des Metallbades nicht einmal, und dann ist es erforderlich eine künstliche Vermehrung eintreten zu lassen, was z. B. durch Zusatz von Gussstahltiegelscherben [2]) und ähnlichen Abfällen geschieht.

Der Ofen muss jetzt in seine höchste Temperatur gelangt sein. Ist dies der Fall, so werden soviel vorgewärmte Stahlabfälle von früheren Hitzen, vom Bessemern, Schienenenden, Stahlblechabschnitte u. s. w. zu-

[1]) Seite 208. — [2]) Aus denen man bei dieser Gelegenheit noch die mechanisch anhaftenden Stahlreste gewinnt.

gesetzt, als vorhanden, oder wenn deren zu viel sind, bis das Bad so weit abgekühlt ist, dass es eine grössere Menge nicht vertragen würde. An Stelle der Stahlzusätze, welche den Kohlenstoffgehalt zwar herabmindern, aber nicht im Stande sind, ihn bis zu dem Grade herabzuziehen, dass das Bad einen ihnen gleichen Kohlenstoffgehalt annimmt, wird schliesslich Schmiedeisen gegeben, welches wie jene der Regel nach vorgewärmt ist.

Die Zusätze erfolgen zwar in Partien von 10 bis 200 Kg., meist jedoch anfänglich nur zu etwa 50 Kg, dann in geringeren Sätzen von 10 bis 20 Kg. Nach jedem Zusatze wird das Bad mit schaufelartig gestalteten Krücken, auch mit Holzstangen, namentlich Birkenstämmchen, gründlich durchgerührt und von Schlacke befreit. Alle 20 bis 30 Minuten kann ein Zusatz gegeben werden.

Man kann zwar die Entkohlung des Roheisens gerade so weit führen, als dem Kohlenstoffgehalte des gewünschten Stahls entspricht, aber der so erzeugte Stahl ist stets mehr oder weniger kurzbrüchig in Folge eines Sauerstoffgehaltes und man zieht es daher vor, weiter zu gehen und schliesslich wieder Spiegeleisen zuzusetzen, wodurch der Process einen doppelten Karakter annimmt.

Statt des Spiegeleisens lässt sich naturgemäss Ferromangan gebrauchen.

Die Schlacke, welche auf dem Bade schwimmt, muss hellgrau oder hellbraun sein. Wird sie schwarz, so ist dies ein Beweis zu niedriger Temperatur. Man muss in diesem Falle mehr Gas geben, im übrigen aber diese Schlacke sorgfältig abziehen. Nach jedem Schlackenzuge wird eine Schöpfprobe genommen. Wartet man damit zu lange nach dem Umrühren, so fällt dieselbe unsicher aus, weil das Metall sich in Schichten verschiedener Zusammensetzung trennt. Das geschöpfte Metall wird theils zur Bestimmung des Kohlenstoffs durch Probe oder Analyse, theils zur Beurtheilung nach dem Bruche im rohen und gehärteten Zustande verwendet.

Zu letzterem Zwecke wird es in Stangenform gebracht und zwar wird ein Theil in Sand gegossen und langsam erkalten gelassen, ein Theil in eine eiserne Form gegossen, sofort nach der Erstarrung daraus entfernt und durch Abschrecken in kaltem Wasser gehärtet. Der Vergleich der Brüche beider Stäbe giebt einem erfahrenen Arbeiter so genaues Anhalten, dass er der Regel nach bei der Beurtheilung des Kohlenstoffgehaltes von der durch Probe festgestellten Höhe kaum um 0·1 Proc. abweichen wird. Uebrigens giebt bei hinreichender Uebung auch eine einfache Schmiedeprobe, welche gehärtet und dann gebrochen wird, hinreichendes Anhalten.

Die Dauer der Operation ist der Regel nach 6 bis 7 Stunden, so dass einschliesslich der Reparaturen drei Hitzen in 24 Stunden gemacht werden können; bei grossen Einsätzen kommt man indessen selten über zwei Hitzen.

Nach dem Zusatze des Spiegeleisens oder Ferromangans wird nochmals gut umgerührt und dann ohne Zögern abgestochen.

Chemische Vorgänge.

Im allgemeinen bestehen die Vorgänge einfach in einer Mischung zweier oder mehrerer Eisensorten von verschiedenem Kohlenstoffgehalte. Im einzelnen gestalten sich die Vorgänge aber verwickelter. Zuvörderst überdeckt sich das Roheisen beim Glühen und Transporte zum Schmelzofen und vor dem Einschmelzen mit Eisenoxydoxydul, welches beim Einschmelzen selbst oxydirend auf das Silicium und Mangan des Roheisens einwirkt und eine Schlacke bildet, zu welcher noch Kieselsäure aus dem Herde und Ofenfutter tritt. Eine Entkohlung ist daher ausgeschlossen. Ist das Roheisen sehr siliciumreich, so genügt der Sauerstoff des Glühspans nicht zur Oxydation und es bleibt nichts übrig, als sauerstoffabgebende Stoffe, wie reine Erze, Garschlacke, Hammerschlag zuzusetzen oder nach dem Einschmelzen und dem Abziehen der Schlacke einen kurzen Rührprocess durchzumachen, welcher die Feinung des Eisens vollendet. Der Regel nach zieht man indessen ein recht siliciumreiches einem daran ärmeren Roheisen vor, um sicher zu sein, eine Entkohlung zu vermeiden.

Bei der langen Dauer des Processes findet das Eisen nämlich meist noch genügend Sauerstoff zur Abscheidung kleinerer Mengen zurückgebliebenen Siliciums und es ist daher besser, beim Einschmelzen lieber zu wenig als zu viel zu oxydiren, um so mehr als im letzten Falle der Eisenabgang sehr vergrössert wird, weil das sich bildende oxydirte Eisen stets Kieselsäure aus den Ofenwänden zu seiner Verschlackung heranzieht.

Niemals darf man es zu einer eisenreichen und entkohlend wirkenden Schlacke kommen lassen, wenn man nicht eine Verbindung des Flussstahlprocesses mit einem mehr oder minder ausgebildeten Frischprocesse herbeiführen will. Deshalb ist auch der Zusatz von Eisenerzen, welcher dem Processe dann den Karakter eines Ueberganges zur Erzstahlarbeit[1]) giebt, durchaus unzweckmässig, sobald die Siliciumverschlackung des Roheisens vollendet ist.

Dass sich übrigens eine Entkohlung niemals ganz vermeiden lässt und eine Reaction zwischen Schlacke und Kohlenstoff unter Kohlenoxydbildung immer, wenn auch in geringem Grade, eintritt, lässt sich leicht an dem Blasenwerfen der Schlacke erkennen, obwohl niemals ein Steigen oder Aufkochen wie bei den Frischprocessen eintritt. Auch liefern Proben und Analysen einen hinreichenden Beweis für einen der Regel nach nicht unbedeutenden Verlust an Kohlenstoff.

So führt Kupelwieser[2]) von einem österreichischen Werke Folgendes an:

---

1) Seite 497. — 2) Oesterreich. Jahrb. XX, S. 396.

Der Einsatz betrug:

900 Kg	Roheisen	mit 3·5	Proc. Kohlenstoffgehalt,	also	31·50 Kg	Kohlenstoff
1000 „	Schmiedeeisenabfälle	„ 0·1	„ „	„	1·00 „	„
1000 „	Stahlabfälle	„ 0·3	„ „	„	3·00 „	„
175 „	Spiegeleisen	„ 5	„ „	„	8·75 „	„
				zusammen	44·25 Kg	Kohlenstoff
Das Product wog 2900 Kg und hatte 0·62 Proc. Kohlenstoff, also					18·00 „	„
Mithin waren an Kohlenstoff verloren					26·25 Kg	od. 59 Proc.

In einem anderen Falle wurden sogar 73 Proc. abgeschieden, wonach der Process allerdings nicht mehr als reine Flussstahlarbeit anzusehen ist, sondern vielmehr als ein Uebergang zu einem Oxydations- oder Frischprocesse.

Je mehr man in gewissen Fällen absichtlich die Entkohlung begünstigen will, um so länger lässt man die Schlacke auf dem Bade. Sie wird dann namentlich, wenn es an hoher Temperatur mangelt, bald schwarz und die Kohlenoxydbildung geht in stärkerem Maasse voran, doch ist ein solches Verfahren stets zu Ungunsten des Productes, welches entschieden verschlechtert wird.

Am Ende des Processes erhält man ein kohlenstoffarmes, aber bereits sauerstoffhaltiges Eisen, welches daher eines Manganzusatzes nicht entbehren kann [1]).

Beschaffenheit des Materials.

Aus den soeben erörterten chemischen Vorgängen ergiebt sich die Negation anderer und damit die nothwendige Beschaffenheit des Materials.

Roheisen.

Das Roheisen zur Erzeugung des Bades muss phosphor- und schwefelarm sein, denn es geht während des Processes von diesen Stoffen nichts verloren. Es kann ohne Schaden Mangan enthalten. Es soll nach vollendetem Einschmelzen nur amorphen Kohlenstoff besitzen; ein grafitisches Roheisen muss daher unter Abscheidung des grössten Theiles seines Siliciumgehaltes in weisses Roheisen übergegangen sein. Man nimmt zwar mit gutem Erfolge weisse und halbirte Roheisensorten, ebenso Spiegeleisen, auch gefeintes Eisen, welche schnell eingeschmolzen werden können, aber auch graues, siliciumreiches Roheisen lässt sich ohne Schwierigkeit verwerthen, wenn es nur bei hohem Siliciumgehalte

[1]) Ein Siliciumzusatz kann, mit Vorsicht angewendet, natürlich dieselben Dienste leisten (vergl. S. 513).

einem langsamen Einschmelzen, erforderlichenfalls sogar mit Zuschlägen, unterworfen wird, um sich dabei zu feinen, oder wenn es nach dem Einschmelzen eine besondere Feinperiode durchmacht.

Phosphor geht wegen der stets kieselsäurereichen Schlacke und der hohen Temperatur ganz und gar nicht fort und insofern steht der Process ebenso ungünstig wie das Bessemerfrischen. Schwefel scheint namentlich bei manganreichen Eisensorten während des Einschmelzens theils als schweflige Säure verflüchtigt, theils als Schwefelmangan in die Schlacke übergeführt zu werden; jedoch bleiben noch immer gewisse Mengen davon zurück, von denen allerdings wieder ein Theil schliesslich beim Zusatz von Spiegeleisen in die Schlacke geführt werden kann.

Stahl und Schmiedeisen.

Die Zusätze von Stahl und Schmiedeisen müssen frei von Phosphor und Schwefel sein, denn der Gehalt an ersterem Stoffe lässt sich gar nicht, der an letzterem nur in beschränktem Maasse (beim Zusatze des Spiegeleisens) entfernen.

Dies ist von praktischer Bedeutung bei der Verwerthung von Bessemerabfällen, welche, wenn sie aus phosphorhaltigem Roheisen erzeugt sind, den gesammten Phosphorgehalt von neuem in den Process bringen und daher, wenn das Materialroheisen ebenfalls phosphorhaltig ist, zu einer allmäligen Concentration des Phosphorgehalts führen.

Hat man nicht über phosphorfreies oder phosphorarmes Roheisen zu gebieten, so hilft auch nicht der schliessliche Zusatz von Ferromangan, welcher sich im übrigen zur Erzeugung eines kohlenstoffarmen und sauerstofffreien Products sehr wohl empfiehlt, soweit er ökonomisch ist.

Der ganze Flussstahlprocess ist von der Beschaffung der Stahl- und Schmiedeisenzusätze abhängig. Er wird da gewöhnlich unrentabel, wo man dies Material erst absichtlich durch irgend einen der Frischprocesse herstellen muss, ist dagegen überall da mit grossem Vortheile zu verwenden, wo diese Materialien als ein Abgang, der sich schwer anderweitig verwerthen lässt, in hinreichender Menge erzeugt werden. Wo der Bessemerprocess nicht genügend heiss verläuft, um alle Abfälle direct in der Birne verwerthen zu können, bleibt der Flammofenflussstahl die beste Ergänzungsmethode; wo man Blechabschnitzel, Puntzen, Enden und dergleichen in grosser Menge bei der Verarbeitung des Schmiedeisens erhält, welche beim Schweissprocesse einen grossen Abgang erleiden würden, ist ebenfalls dieser Process ganz am richtigen Orte.

Ausnahmen kommen allerdings vor, wie zu Borsigwerk in Oberschlesien, wo längere Zeit hindurch zur Flammofenflussstahldarstellung Rohschienen zur Verwendung kamen, welche aus reinem Roheisen absichtlich zu diesem Zwecke erpuddelt wurden.

Das Eisen wird, wie erwähnt, der Regel nach angewärmt eingesetzt,

jedoch hängt es ganz von der Temperatur des vorhandenen Bades ab, ob man die Vorwärmung fortlassen darf [1]).

Reductionseisen.

Als Reductionseisen pflegt man da, wo man Stahl erzeugen will, stets Spiegeleisen, da wo man weiches Eisen erzeugen will, zuweilen Ferromangan anzuwenden. Letzteres hat den schon mehrfach erörterten Vortheil einen Phosphorgehalt weniger empfindlich zu machen und ist nach Gautier [2]) aus diesem Grunde zu Terrenoire beständig mit sehr gutem Erfolge in Anwendung. Die Menge des Spiegeleisens pflegt der Regel nach 6 bis 10 Proc. des Roheisensatzes zu betragen, aber steigt auch auf 40 bis 50 Proc. Von Ferromangan genügen 2 bis 3 Proc.

Zuschläge.

Zuschläge beim Flammofenflussstahlprocesse können in Form von sauerstoffabgebenden Körpern zur Oxydation des Siliciums dienen, müssen aber mit Vorsicht benutzt werden. Ist das Roheisen manganarm, so dient wohl ein Zuschlag von Manganerzen zur Bildung einer leichtflüssigen, die Entkohlung hemmenden Schlacke, aber ein ökonomischer Vortheil ist selten damit verbunden, weil die Verschlackung auf Kosten der Kieselsäure aus den Ofenwandungen und dem Herde geschieht. Das Reductionseisen kann als zum Processe gehörig, nicht als Zuschlag betrachtet werden. Andere Zuschläge sind ebenso unnöthig als nutzlos. Im übrigen muss bemerkt werden, dass die zahlreichen Mittel zur Entfernung von Phosphor und Schwefel, welche beim Puddelprocesse S. 279 angegeben worden sind, auch hier versucht und ebenso erfolglos befunden wurden, wie dort [3]).

[1]) Mit Unrecht hält Kerl (Grundr. d. Hüttenk. III, S. 405) die Möglichkeit unangewärmtes Eisen anwenden zu können für einen Vorzug des Pernot'schen rotirenden Ofens. Krupp z. B. wendet auf seinem grossartigen Flammofenflussstahlwerke in gewöhnlichen feststehenden Oefen kein angewärmtes Eisen an. — [2]) Revue univers. 1874. — [3]) Dazu ist neuerdings noch die Warner'sche Mischung von Sodaasche und rohem Kalk getreten. Diese Mischung (2 Kg auf 1 Kg Silicium) wird in einen Schachtofen gebracht und das Roheisen darüber geleitet. Die schmelzende Soda soll die Kalktheilchen locker erhalten. Letztere verlieren beim Aufsteigen durch die Eisensäule ihre Kohlensäure, welche das Silicium oxydirt, während sich Schwefelcalcium bildet. Nach 20 bis 30 Minuten sollen Schichten von eisenfreien Sulfiden und Silicaten auf dem gereinigten Eisenbade schwimmen. Auch Mischungen von Soda mit Eisenoxyd, Manganoxyd, Zinkoxyd, gelöschtem Kalk, Flussspath, Lehm sind versucht. (Engineering 1875, Febr., S. 132, und Dingler's polyt. Journ. 1875, S. 125). Dieser Process erreicht umständlicher als das gewöhnliche Feinen (vergl. S. 40) die Entfernung des Siliciums, vollständiger, aber viel kostspieliger die des Schwefels.

Das Product.

Der Stahl.

Das Product nähert sich um so mehr in seiner Zusammensetzung der Summe aller angewendeten Stoffe, je weniger Oxydation auf der Oberfläche des Bades stattgefunden hat. Absichtlich pflegt man diese Oxydation indessen mindestens so weit gehen zu lassen, dass das im Roheisen enthaltene Silicium ganz verschlackt und also ein siliciumfreier Stahl entsteht. Der Mangangehalt des Products richtet sich ebenso nach dem Grade der eingetretenen Oxydation. Schwefel wird nur in geringer Menge, auch wenn absichtlich lebhafter als gewöhnlich oxydirt wird, entfernt. Phosphor bleibt in der ganzen Menge im Eisen, in welcher er durch die Materialien in den Ofen gelangt.

Slade[1]) giebt die Analyse eines aus einem Einsatze von 4 engl. Tonnen = 4064 Kg in 8 Stunden hergestellten Stahls für Dampfkesselbleche wie folgt:

Amorpher Kohlenstoff	0·6
Grafit	deutl. Spur
Schwefel	0·003
Phosphor	0·153 (?)
Mangan	0·144
Silicium	0·074
Kupfer	geringe Spur

Derselbe Autor führt noch zwei Analysen von einer Hitze an, bei welcher das Eisen (a), als es 9¾ Stunden im Ofen war, sich trotz des Zusatzes von Spiegeleisen rothbrüchig zeigte, während es (b) nach 33-stündigem Verweilen den Rothbruch verloren hatte.

	a.	b.
Amorpher Kohlenstoff	0·120	0·120
Grafit	deutl. Spur	deutl. Spur
Schwefel	0·007	0·008
Phosphor	0·275	0·113
Mangan	0·072	0·058
Silicium	0·025	0·015
Kupfer	Nichts	Nichts

Da während des Verweilens im Ofen mehrfach Spiegeleisen zugesetzt wurde, ist die angegebene Eigenthümlichkeit doch wohl nur aus der allmälig eintretenden vollständigen Entfernung vorhandenen Sauerstoffs zu erklären, worauf auch die Mangan- und Siliciumverminderung trotz der Zusätze hindeutet. Eben dadurch lässt sich auch die Verminderung des Phosphorgehaltes erklären.

Analysen eines in Dowlais erzeugten Stahls ergaben[2]):

---

[1]) Journal of the Iron and Steel Institute und Deutsche Gewerbeztg. 1871, S. 44. — [2]) Nach Petzhold (Bolley, Handb. d. chem. Technologie).

	Zusammensetzung	
	eines Stahlblocks	einer daraus gewalzten Schiene
Eisen	98·97	99·08
Kohlenstoff	0·45	0·40
Silicium	0·02	0·01
Schwefel	0·04	0·04
Phosphor	0·05	0·05
Mangan	0·45	0·40
Kupfer	0·02	0·02

Flammofenflussstahl für Kesselblech vom Stahlwerk zu Trenton [1]) in New Jersey ergab in mehreren Proben:

Kohlenstoff	0·160	0·120	0·120	0·125	0·120
Phosphor	0·153	0·113	0·275	0·314	0·272
Schwefel	0·003	0·008	0·007	—	—
Mangan	0·144	0·058	0·072	—	—
Silicium	0·174	0·015	0·025	—	0·052

Flammofenflussstahl von Neuberg, untersucht von Lill [2]), war folgendermaassen zusammengesetzt:

Kohlenstoff	0·687
Silicium	0·046
Phosphor	0·036
Schwefel	0·008
Kupfer	0·404
Mangan	0·119
Eisen	98·700 [3])

Der Flammofenflussstahl nimmt je nach seiner Zusammensetzung genau die Stellung ein, welche einem jeden ebenso zusammengesetzten Rohstahl [4]) zukommt und es sind Ansichten, wie sie z. B. von Kerl in seinem Grundrisse der Eisenhüttenkunde Seite 402 entwickelt werden, nach welchen der Flammofenflussstahl im allgemeinen (?) eine Mittelstufe zwischen Bessemer- und Tiegelgussstahl einnehmen soll, gänzlich unbegründet. Seine Eigenschaft sich leichter als Bessemerstahl zu Façonguss verwenden zu lassen, beruht lediglich in seiner grösseren Freiheit von absorbirten Gasen, welche einen dichteren Guss gestattet. Genau ebenso verhält sich Bessemerstahl, wenn man ihn im flüssigen Zustande in einen Regeneratorflammofen leitet und unter hoher Temperatur stehen lässt, wobei er seine absorbirten Gase verliert.

Schlacke.

Gruner [5]) hat eine Schlacke von der Hütte zu Firmeny analysirt und die folgenden Bestandtheile gefunden:

---

1) Americ. Eng. und Min. Journal 1874, Vol. 17, Nro. 23, und Berg- und Hüttenm. Ztg. 1874, S. 347. — 2) Oesterr. Jahrb. XXI, 1873. — 3) Differenz. — 4) Auch der Flammofenflussstahl wird zum Gussstahl erst durch Umschmelzen im Tiegel. — 5) Annales des mines Sér. VI, T. XII, p. 187.

Kieselsäure	64·33
Thonerde	8·66
Eisenoxydul	21·89
Manganoxydul	2·74
Kalkerde	3·00
	100·62

Die Schlacke war glasig und blasig. Sie enthielt zahlreiche metallische Eisenkörner, welche vor der Analyse mit Hülfe des Magneten nach Möglichkeit ausgeschieden wurden. Der Ueberschuss der Analyse deutet indessen auf einen Rückstand daran.

Metallabgang und Brennmaterialverbrauch.

Der Eisenabgang muss sich vor allen Dingen nach der Höhe des Silicium- und Mangangehalts im Roheisen richten und schwankt in Folge dessen sowohl nach der relativen Höhe des ersteren, als nach der absoluten Menge des letzteren. Der theoretisch berechnete Abgang wird indessen wegen der Aufnahme von Kieselsäure aus Sohle und Ofenwänden in die Schlacke wesentlich überschritten. Man rechnet auf mindestens 5, gewöhnlich auf 6 bis 8, oft auch noch auf 10 Proc. Abgang. Mit dem Abfalle an Schalen u. s. w. kommen selten unter 10 bis 12, oft 14 Proc. heraus.

Der Kohlenverbrauch vermindert sich wesentlich mit der Grösse der Anlage, da die Gaserzeugung um so gleichmässiger und erfolgreicher von statten geht, je mehr Gas in gleicher Zeit dargestellt wird.

Zuweilen gelingt es auf 60 bis 70 Kg Steinkohle herunterzukommen, der Regel nach braucht man 100, oft 110 bis 120 Kg, wobei Heizen des Glüh- und Schmelzofens, Abwärmen der Giesspfannen u. s. w. einbegriffen ist. Nach Kupelwieser ist auf österreichischen Werken der Kohlenverbrauch durchschnittlich sogar 140 bis 160 Kg.

Herstellung von Flussstahl im rotirenden Tellerflammofen.

Pernot hat seinen rotirenden ursprünglich nur zum Puddeln bestimmten Ofen [1]), nachdem er ihn mit Regeneratoren versehen hatte, auch zur Flammofenflussstahlbereitung vorgeschlagen und eingeführt [2]). Die ökonomischen Resultate hinsichtlich des Kohlenverbrauches und des Eisenabganges liessen aus der Construction des Ofens kein günstiges Verhältniss vorhersagen, obwohl die ersten Nachrichten ungemein gut lauteten. Einer handschriftlichen Mittheilung des Herrn Ingenieur Gautier [3])

---

[1]) Vergl. S. 327. — [2]) Annales des mines 1774, p. 65. — [3]) d. d. Paris, 19. Juli 1875.

zufolge stellt sich das Verhältniss indessen aus einem dreimonatlichen vergleichenden Versuche folgendermaassen:

	Für 1000 Kg Eingüsse		
	Im Pernot-Ofen		Im Martin-Ofen
	für Schieneneisen	für weichen Stahl	
Verbrauch an Kohle . .	695 Kg [1])	663 Kg [2])	520 Kg Gaskohle, 190 „ „ } 710 Kg [3])
Verbrauch an Abgang .	6 Proc.	8 Proc.	7 Proc.
Production in 24 Stunden	16 600 Kg	15 833 Kg	16 800 Kg für Schieneneisen, 15 000 „ „ weichen Stahl
Arbeitslöhne	9·91 Mark		8·16 Mark
Reparaturen und Unterhaltungskosten	13·18 „		8·20 „

Also ist der zu Gunsten des feststehenden Flammofens sprechende Unterschied doch nicht so erheblich, als man vorauszusetzen geneigt sein könnte; aber auch in keiner Weise sind die Angaben gerechtfertigt [4]), wonach sich die Production um das Doppelte höher, die Löhne und Anlagekosten auf die Hälfte ermässigen und noch viele andere Vortheile herausstellen sollen.

Beispiele.

Martin schreibt vor:

für harten, kaum schmiedbaren Stahl
auf 100 Gewichtsthle. Schmiedeisen 110 bis 120 Gewichtsthle. Roheisen
für Werkzeugstahl
auf 100 Gewichststhle. „ „ 80 „ 90 „ „
für weichen Stahl (Homogeneisen)
auf 100 Gewichtsthle. Schmiedeisen 70 „ 75 „ „

Sollen noch Eisenerze zugesetzt werden, so fällt der Roheisenverbrauch entsprechend höher aus.

Sireuil [5]) in Frankreich.

Zu Homogeneisen für Gewehrläufe: 600 bis 700 Kg halbirtes oder weissstrahliges Roheisen. Nach dem Einschmelzen werden jede halbe Stunde 100 Kg gepuddeltes Eisen zugesetzt, welches aus Holzkohlenroheisen hergestellt ist, im Ganzen bis zu 1200 Kg. Nach sechs Stunden wird ein verbranntes Eisen (0·001 Kohlenstoff) erhalten. Dann werden 125 bis 150 Kg Spiegeleisen zugefügt, worauf nach einer Stunde abgestochen wird. Das Product enthält 0·0043 Proc. Kohlenstoff.

Oder: zu 700 Kg Roheisen werden 1100 Kg gepuddeltes Eisen zugesetzt. Man erhält ein verbranntes Eisen von 0·0022 Proc. Kohlen-

[1]) Zu 11·12 Mark; — [2]) zu 10·61 Mark; — [3]) zu 10·48 Mark, die Tonne Gaskohle zu 16 Mark, die Tonne gewöhnliche Kohle zu 11·20 Mark veranschlagt. — [4]) Vergl. Kerl, Grundriss der Hüttenkunde III, S. 405. — [5]) Nach Rinman.

stoff, fügt 125 Kg Spiegeleisen zu und erhält ein Product von 0·0037 Proc. Kohlenstoff.

Der Verbrauch an Steinkohle pro Hitze ist:

für das Schmelzen	1260 Kg
„ „ Glühen	1080 „
zusammen . .	2340 Kg

Unter Berücksichtigung des Abganges braucht man für 1000 Kg Stahlgüsse 1300 Kg Kohle.

Creusot [1]) in Frankreich.

Zu 1750 Kg Roheisen werden 1500 Kg Stahl eingetragen, darauf wird so lange gearbeitet, bis ein Zusatz von 100 Kg Spiegeleisen zur Rückkohlung genügt; oder: zu 1200 Kg Roheisen werden 1500 Kg Schmiedeisenstücke, 1620 Kg Schmiedeisenabfälle, 1550 Kg Stahl, endlich 425 bis 575 Kg Spiegeleisen zugesetzt.

St. Chamond in Frankreich [2]).

Bei der Flussstahlerzeugung im rotirenden Tellerofen von Pernot [3]) wurden nach dreimonatlichem Durchschnitte auf 1000 Kg Eingüsse verbraucht:

	für weichen Stahl	für Schieneneisen
An gutem Koksroheisen	302 Kg	282 Kg
„ Spiegeleisen	23 „	99 „
„ Schmiedeisen, Blechabfällen, Drehspänen u. Stahlrückständen	756 „ [4])	679 „ [5])

Selessin [6]) in Belgien.

Der Einsatz beträgt 600 bis 800 Kg. Nach dem Einschmelzen werden 200 bis 250 Kg Puddeleisen in Form von Luppenbruchstücken, ferner Eisen- und Stahlabfälle zugesetzt. Am Schlusse wird mit Spiegeleisen zurückgekohlt. Jeder Ofen liefert jährlich ca. 1000 Tonnen Stahl.

Zu Dowlais in England [7])

besitzen die Flussstahlflammöfen Vorglühherde. Sie werden lediglich zum Umschmelzen der Rückstände vom Bessemern und der Abfälle aus Bessemerstahl erzeugter Schienen verwendet.

---

[1]) Nach Notizen des Verfassers aus 1869. — [2]) Nach handschriftlichen Mittheilungen des Herrn Ingenieurs Gautier zu Paris. — [3]) Vergl. S. 550 u. 327. — [4]) Darunter Schmiedeisen aus Koksroheisen 630 Kg und Blechabschnitte aus demselben Stahl 120 Kg. — [5]) Darunter Bessemerschienenabfälle 670 Kg. — [6]) Nach Noblet, Revue univers. 1873, t. 33, p. 33 und Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1873, S. 308. — [7]) Nach Petzholdt, Handb. d. chem. Technol. von Bolley, Bd. VIII, 2. Abthl., S. 36.

Auf 762 Kg graues Bessemerroheisen kommen nach dem Einschmelzen 3556 Kg Schienenenden und 762 Kg Birnenrückstände (*Scrap*); endlich wird mit 457 Kg Spiegeleisen zurückgekohlt.

In 24 Stunden werden zwei Hitzen à 5080 Kg Product geschmolzen.

Zu Neuberg [1]) in Oesterreich

werden Hitzen von 3360 Kg gemacht. Auf 100 Kg graues Roheisen für das Einschmelzbad kommen 280 Kg Abfälle von Schmiedeisen und Stahl und endlich 20 Kg Spiegeleisen. Der zwischen 5 und 15 Proc. schwankende Verlust beträgt im Durchschnitt 8 Proc. (einschliesslich der 1 bis 2 Proc. betragenden Abfälle).

Man verbraucht auf 100 Kg Gussblöcke 80 bis 100 Kg Steinkohle, oder 140 bis 160 Kg Braunkohle.

Die Production beträgt jährlich pro Ofen ca. 3000 bis 3500 Hitzen.

Lesjöförs in Schweden [2]).

Die Flammöfen daselbst fassen 1275 Kg. Als Brennmaterial dient Holz. Der Boden wird aus gepochtem, reinem Quarze mit Zusatz von $^1/_{25}$ bis $^1/_{30}$ Thon hergestellt. Gewölbe und obere Theile der Regeneratoren sind aus Dinasziegeln hergestellt. Das Abstichloch wird mit einem Pfropfen von Grafit und darauf Quarzmasse verschlossen. Der Abstich erfolgt in Formen, welche sich auf einem Drehtische befinden. Der Herd hält sechs Wochen aus, die übrigen Theile sechs bis zwölf Wochen.

Das Roheisen ist fast ganz weiss. Nach einer halben Stunde ist es hinreichend heissflüssig und dann beginnt der Zusatz an Eisen.

Es sind pro Schicht drei Arbeiter beschäftigt.

Man brauchte im Durchschnitt von ca. 100 Schmelzungen ungefähr 0·989 cm Holz auf 100 Kg Product und setzte gleiche Menge Roheisen und Schmiedeisen, sowie ein Viertel vom Roheisen an Stahlabfällen. Der Abgang betrug 8 Proc. Man erzeugte Eisen im Kohlenstoffgehalte von 0·1 bis 1·6 Proc.

Zu Munkfors in Schweden

wird seit 1868 Flammofenflussstahl dargestellt und zwar in zwei mit Regeneratoren und Lundin'schem Condensator [3]) versehenen Oefen, deren jeder nur 800 bis 1200 Kg Eisen fasst. Als Brennmaterial wird lufttrocknes Holz angewendet, und zwar werden 0·524 bis 0·628 cbcm auf 100 Kg Product verbraucht. Man fabricirt hauptsächlich weiches Nageleisen [4]).

---

[1]) Denkb. d. österreich. Berg- u. Hüttenw. 1873, S. 246. — [2]) Nach Uhr, Jern. Kontorets Annaler 1871 und Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1871, S. 298. — [3]) Vergl. S. 171. — [4]) Kerpely, Das Eisen auf der Wiener Weltausstellung 1873, S. 208.

Abarten der Flussstahlprocesse[1]).

Um ein festes Gusseisen zu erhalten, setzt man dem im Herde des Kupolofens oder im Flammofen, zuweilen auch schon in der Giesspfanne enthaltenen Eisen Feil-, Bohr- und Drehspäne von Schmiedeisen oder Stahl zu und rührt gehörig um. In Deutschland nennt man solches Eisen Stahlguss, in England Zäheisen (*tonghened cast iron*).

Nach einem anderen Verfahren legt man die Späne schmiedbaren Eisens in die Giesskelle und sticht das Gusseisen darauf ab, auch bereitet man sich ein Zwischenproduct, welches im Kupolofen eingeschmolzen werden muss, dadurch, dass man das Roheisen aus dem Hochofen in eisernen Formen oder Schalen absticht, in denen Drehspäne ausgebreitet liegen.

Alle diese Methoden bezwecken nur eine Herabminderung des Kohlenstoffgehaltes im Gusseisen, ohne doch bereits die Menge so zu verkleinern, dass schmiedbares Eisen, also Stahl, entsteht.

Schlussfolgerung.

Der Flussstahlflammofenprocess theilt gegenüber dem Tiegelschmelzen mit dem Bessemerflussstahlprocesse die Eigenschaft grosse Production zu gestatten, wenn auch der letztere ihn noch bedeutend übertrifft, da ein Paar mittlerer Birnen ca. 15 bis 16 Flammöfen ersetzen kann.

Der Flussstahlprocess gestattet die Benutzung weissen, siliciumarmen Roheisens und eine genaue Untersuchung des Productes während der Arbeit. Dies sind seine Vorzüge vor dem Bessemerflussstahlprocesse. In Bezug auf die erforderliche Reinheit der Materialien stehen beide ziemlich auf gleicher Stufe, obwohl es bei sorgfältiger Arbeit gelingt, durch den Flammofenprocess mehr Schwefel abzuscheiden, als durch den Bessemerprocess. Am günstigsten gestaltet sich die Combination beider Processe.

Der Flammofenflussstahl hat wegen des ruhigen Stehens des Stahlbades vor dem Absticheh in hoher Temperatur den Vorzug einen nicht so steigenden Stahl wie der entsprechende Bessemerprocess zu geben, weshalb es leichter mit ersterem gelingt, ohne Umschmelzung in Tiegeln dichten Façonguss zu erzeugen [2]).

[1]) Das Umschmelzen von Schmiedeisen im Kupolofen wird im folgenden Kapitel erwähnt werden, vergl. S. 514. — [2]) Von dem Steigen des Stahles und den Mitteln es zu verhindern wird bei der Tiegelgussstahlbereitung ausführlich die Rede sein.

Hinsichtlich weiterer Fortschritte in diesem Processe ist besonders hervorzuheben, die Anwendung flüssigen Roheisens, welches in Kupolöfen eingeschmolzen wird. Es ist auffallend, dass diese Methode noch nirgends eingeführt ist, obwohl sie namentlich bei grösseren Anlagen, wo ein Kupolofen beständig schmelzen kann, um die Flussstahlöfen zu versorgen, gewiss richtig wäre. Es ist wohl anzunehmen, dass die nöthige Menge Sauerstoff zur Oxydation des Siliciums im Roheisen in diesem Falle leicht durch das vorgewärmte Schmiedeisen oder den Stahl einzuführen wäre, da man den Glühofen nur mit einer Luftöffnung zu versehen braucht, um einen beliebigen Grad der Oxydation zu erzielen. Hat man reine Erze zu Gebote, so lässt sich — wie oben auseinandergesetzt — durch diese der nöthige Sauerstoff zuführen. Uebrigens liesse sich auch sehr wohl eine Combination des Feinfeuers mit dem Flussstahlofen in der Weise denken, dass das flüssige gefeinte Eisen direct in letzteren abgestochen würde.

d. Rennflussstahl.

Der Uebergang von den eigentlichen Rennarbeiten zu den Rennflussstahlarbeiten war leicht gegeben, sobald die Flussstahlerzeugung bekannt wurde. Es brauchte zu den zu reducirenden Erzen nur Roheisen zugefügt, oder das reducirte Erz in geschmolzenes Roheisen geworfen zu werden, um beide Arbeiten mit einander zu vereinigen. So leicht ausführbar der Process aber auch im Principe erscheint, so schwierig gestaltet er sich in der Praxis und von allen Versuchen hat bisher noch keiner zu dem gewünschten Resultate geführt, nämlich Erze der gewöhnlichen Beschaffenheit mit 25 bis 40 Proc. Eisengehalt und den bekannten Verunreinigungen an Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde etc. dadurch verwerthen zu können.

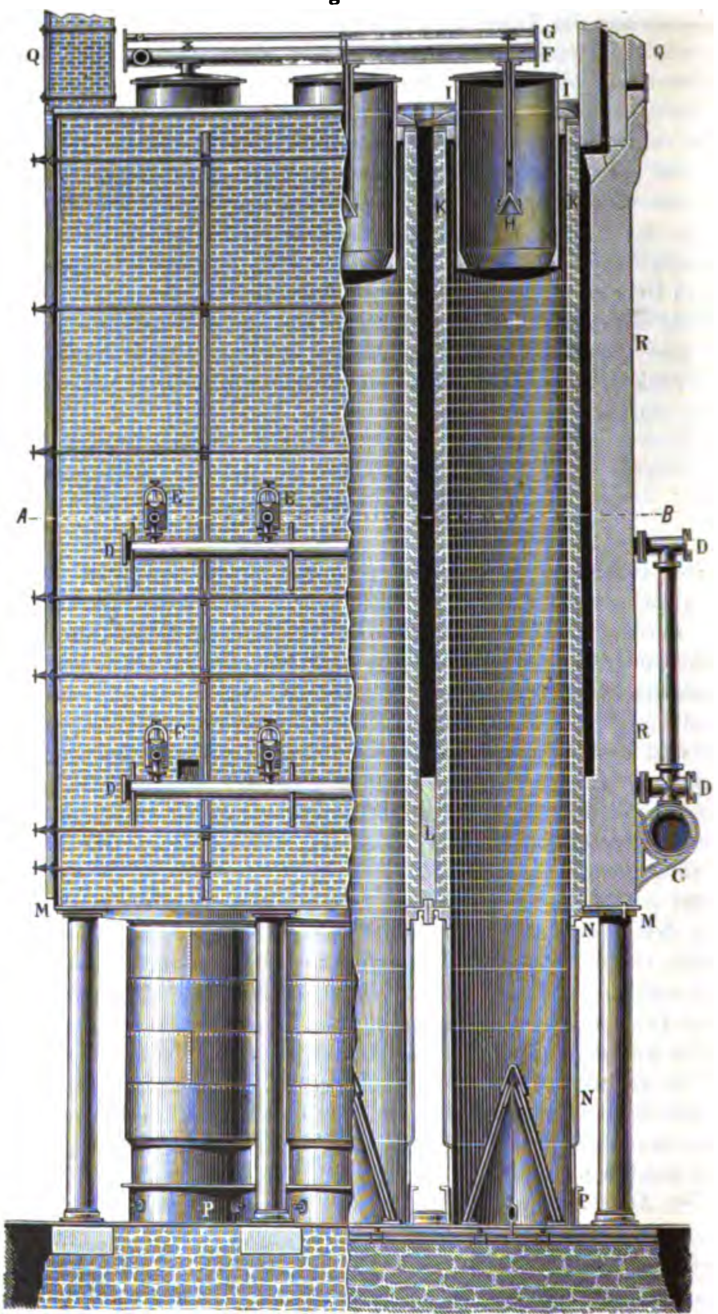
Bei Gelegenheit der Beschreibung der Rennarbeiten in dem ersten Theile der Eisenhüttenkunde ist mehrfach darauf hingewiesen worden, wie man versucht hat, den Eisenschwamm, welcher durch Reduction von Erzen erhalten war, in einem Roheisenbade zu lösen. Derselbe Punkt ist bei der Besprechung des Siemens'schen Processes (Seite 261 und 273) erwähnt worden. Alle Experimentatoren haben dabei wesentliche Schwierigkeiten gefunden, weil der Eisenschwamm, aus reinen Erzen erzeugt, zu porös und daher zu leicht ist, um schnell unterzusinken, also von neuem Sauerstoff absorbirt, und den Process in eine einfache Erzstahlarbeit überführt.

Der Amerikaner Blair[1]) hat das folgende Verfahren angewendet, welches er auf alle Arten Erze zu übertragen hofft. Er reducirt die

---

[1]) Transactions of the American Institute of Mining Engineers Vol. II, p. 175: „The direct process in iron manufacture by Thomas Blair."

Fig 158.

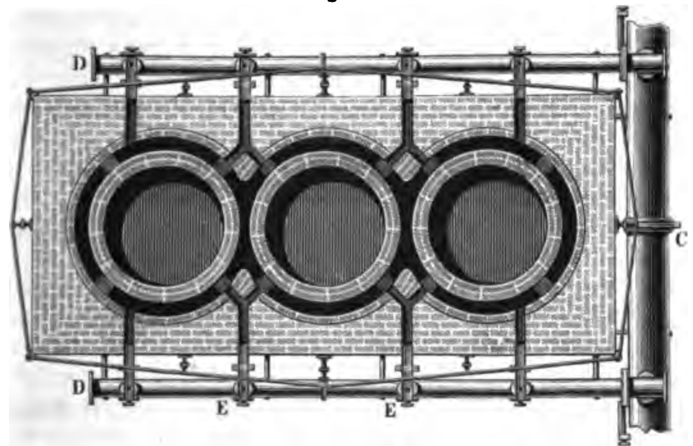


Blair's Reductionsofen zu Glenwood. $^1/_{100}$.

Eisenerze in dem oberen ringförmigen Theile eines hohen Cylinders *K*, in dessen unterem Theile die vollständige Abkühlung stattfindet.

Der Ofen, welcher sich zur Darstellung von Eisenschwamm sehr wohl bewährt hat, ist in Fig. 158 und 159 abgebildet.


Fig. 159.



Blair's Ofen. Horizontalschnitt nach *A B* (Fig. 158).

Der Apparat besteht aus einem schachtförmigen Raume, welcher oben durch einen eingehängten Cylinder in zwei Theile getheilt ist, deren äusserer ringförmiger zur Reduction der Eisenerze dient. Der Raum hat 2·5 m Höhe bei nur 10·8 cm Weite. Der Cylinder ist oben geschlossen und empfängt durch den Deckel Wind (von *F*) und Gas (von *G*). Ausserdem befinden sich in den Seitenwandungen mehrere Oeffnungen, durch welche das überschüssige Kohlenoxyd in den Ringraum dringt. Die Verbrennungsgase finden ihren Abzug am unteren Ende der Röhre. Von aussen wird der ganze obere Ofenraum erhitzt, (*D* Gas- und *E* Luftzuführung). Die Erze, welche in den Ringraum durch Deckel *JJ* aufgegeben werden, sollen reducirt sein, sobald sie ihn verlassen, so dass der untere volle Raum nur noch zur letzten Vollendung der Reduction, hauptsächlich aber zur Abkühlung der Erze dient, bevor sie an die unten gelegenen, durch einen Ring *P* verschliessbaren Ziehöffnungen gelangen. *N* ist eine Wasserkühlung.

Blair glaubt nicht ganz mit Unrecht, dass grade dieser Apparat besser als die vor ihm erfundenen zahlreichen ähnlichen geeignet sei, einen vollständig reducirten, d. h. von oxydirtem Eisen freien Schwamm zu erzeugen und legt darauf einen besonderen Werth.

Würde man aber auch einen noch so vollkommen reducirten Eisenschwamm in seinem lockeren Zustande in ein Roheisenbad bringen, so würde das Resultat genau dasselbe sein, wie bei Siemens, Rogers und Anderen, d. h. der Schwamm würde so lange auf dem Bade schwimmen, bis er ganz oder theilweise verschlackt wäre. Um dies zu verhüten,

presst Blair ihn unter einer starken hydraulischen Presse (21928 Kg pro Quadratcentimeter) kalt in Form von cylindrischen Blöcken von 16 cm Durchmesser und 32 cm Länge [1]). Diese bringt er in das Roheisenbad und löst das Eisen — wie er angiebt — ohne wiederholte Oxydation auf, während die Gangarten ungeschmolzen und unverändert zurückbleiben. Blair hat nur die sehr reinen und reichen Eisenglanze vom Iron Mountain in Missouri und vom Lake Superior verwendet.

Sehr zu bezweifeln bleibt aber, ob dieser Process mit armen Erzen gelingt, in denen das oxydirte Eisen aufs innigste mit Gangarten gemengt ist, wie z. B. in allen unseren Thoneisensteinen, den meisten Braun- und Rotheisensteinen. Gerade für diese Erze wird ein Zusammenpressen des Eisenschwamms nur nachtheilig wirken und das Herauslösen des reducirten Eisens verhindern.

Hier müsste man also womöglich den pulverförmigen Zustand wünschen und denkt wohl an einen günstigen Erfolg, wenn man etwa die Erze mit einem Kohlenoxydstrome in das Roheisenbad einbliese, so dass sie darin aufsteigen müssen.

So wenig auch der Blair'sche Process geeignet ist, Hoffnungen zu erwecken auf ein Gelingen mit den gewöhnlichen armen Erzen, so sehr verdient doch diese Art der Flussstahlerzeugung die Beachtung und aufmerksame Verfolgung Seitens der Hüttenleute, weil sie einen der Wege andeutet, auf welchem man vielleicht auch phosphorhaltige Erze benutzen kann, ohne den Phosphorgehalt in das Metall überzuführen, was ja den Vorzug der eigentlichen Rennarbeiten bildet.

Das Schwierigste wird immer die Leitung der Temperatur bleiben, welche beständig auf gleicher, wenn auch möglichst geringer Höhe gehalten werden muss, während sich fortwährend abkühlende Einflüsse geltend machen.

Es möge hier kurz der Methode von Kazetl gedacht werden, welcher die Siemens'sche Idee das Eisen aus einer dasselbe enthaltenden geschmolzenen chemischen Verbindung, einer Schlacke, zu fällen, weiter verfolgte, nachdem die von Kerpely [2]) und Anderen in der letzteren Richtung angestellten Versuche durchaus ungünstige Resultate ergeben hatten. Kazetl will aus der Schlacke, welche durch Schmelzung der Erze ohne Reduction in einem Schmelzofen gebildet werden kann, durch Kohlenoxyd das Eisen ausfällen.

Kupelwieser [3]) macht mit Recht darauf aufmerksam, wie schwierig es sei, selbst unter der Voraussetzung, dass die Bildung einer nur Eisenoxydul haltenden Schlacke gelänge, in demselben Apparate das Eisen auszufällen, weil damit sofort eine ganz anders silicirte Schlacke entste-

---

[1]) Ein ganz ähnliches Verfahren hatte bereits weit früher Chenot benutzt, wie weiter unten S. 565 mitgetheilt wird. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1874, S. 365 u. 373. — [3]) Oesterreich. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1874, S. 488.

hen würde, welche einen völlig veränderten Schmelzpunkt gegen die ursprüngliche besässe, und in der That ist ein solcher Process, auch selbst wenn er in zwei verschiedenen Apparaten durchgeführt werden soll, kaum denkbar ohne Zuschläge (wie etwa Manganoxyde oder Kalk), welche bei Erzeugung einer eisenfreien Schlacke die ursprüngliche Silicirungsstufe aufrecht erhalten. Kazetl will nun ausserdem das Eisen in einem flüssigen Zustande ausfällen; doch hierin dürfte eine ebensogrosse Schwierigkeit als Unvollkommenheit des Processes beruhen, weil man sicher sein kann, damit den Hauptvortheil, ein phosphorfreies oder phosphorarmes Eisen zu erhalten, wieder aufzugeben.

In denselben Fehler verfällt auch Ehrenwerth [1]), welcher den festen oder rotirenden Flussstahlflammofen anwenden will, um die mit Kohle gemengten Erze bei niedriger Temperatur zu reduciren, bei hoher Temperatur in Gegenwart eines Ueberschusses von Kohle zu kohlen und unter Benutzung flüssigen, überhitzten Roheisens einzuschmelzen, wobei ein flüssiges und doch reines Product erfolgen soll.

Es verträgt sich eine hohe Temperatur mit einer alleinigen Reduction des Eisens nicht und die einzige Möglichkeit zum Ziele zu gelangen, scheint gegenwärtig noch immer, sobald man es mit unreineren Erzen zu thun hat, darin zu liegen, wie bei dem Katalonischen Rennfeuer oder dem alten Stückofen ein festes Eisen zu erzielen, aus welchem Schlackenreste, die sich im flüssigen Aggregatzustande befinden, ausgesaigert oder mechanisch entfernt werden können.

---

[1]) J. v. Ehrenwerth, Darstellung von Eisen und Stahl direct aus Erzen. Ein Vortrag, 1875.

B. Kohlenstahl.

Der Kohlenstahl wird wie der Flussstahl durch Schmelzung hergestellt, aber der höhere Kohlenstoffgehalt wird zugeführt, ohne dass gleichzeitig die Eisenmenge vermehrt wird. Statt des kohlenstoffhaltigen Eisens muss also ein eisenfreier Körper benutzt werden, und dieser Körper ist der Regel nach ein verkohltes Brennmaterial, Holzkohle oder Koks, welche beide im wesentlichen aus Kohlenstoff mit geringen Beimengungen von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sowie Aschenbestandtheilen bestehen.

Man hat zwei Methoden, von denen die erste in Tiegeln ausgeführt wird, die andere im Gebläseschachtofen.

a. Tiegelkohlenstahl.

1. Damaststahl (Wootzstahl).

Man nennt — wie Abtheil. I, S. 250 [1]) bereits ausführlich erörtert ist — Damast oder Damascirung des Stahls jene eigenthümliche ader- oder wellenförmige Zeichnung, welche hervortritt, wenn man den polirten Stahl mit schwacher Säure anätzt. Der indische Stahl, welcher früher hauptsächlich in Damascus zu Säbelklingen verarbeitet wurde, zeigte diese Eigenthümlichkeit in ganz besonders schöner Weise. Die dem Auge wegen einer gewissen Parallelität angenehm erscheinenden verworrenen Linien würden schwerlich allein dem Damascener- oder Damaststahl seinen von Alters her bis heutigen Tags unbestrittenen Weltruf verschafft haben, wenn nicht gleichzeitig eine ausgezeichnete Qualität des-

---

1) Vergl. auch Wilkinson. Engines of War. „On swords, bronze and iron; and on the cause of the pattern, or watering of the Damascus blades.“ p. 184 et seq. und Percy, Iron, p. 860.

selben, namentlich eine grosse Elasticität in gehärtetem Zustande, hinzugekommen wäre.

Der Stahl wird in einer höchst unvollkommenen Weise bereitet, aber gerade dieser technisch unvollkommenen Methode der Darstellung verdankt er zum grössten Theil seine beliebten Eigenschaften.

Das Material zu der Damaststahlbereitung bildet ein durch Rennarbeit in kleinen Schachtöfen erzeugtes Eisen, dessen Darstellung in der ersten Abtheilung Seite 489 u. f. beschrieben wurde. Dasselbe wird noch heiss in kleine Stücke zerschlagen und diese werden mit grünen Blättern und kleinen Holzstückchen gemischt in Thontiegel von geringem Fassungsvermögen eingesetzt.

Von diesen letzteren werden gegen 20 gemeinschaftlich in einem Gebläseofen mehrere Stunden lang erhitzt. Hierbei kohlt sich das Eisen an der Oberfläche so stark, dass der erzeugte Stahl zu fliessen beginnt, während die inneren kohlenstoffärmeren Theile nur in einen teigigen Zustand gerathen. Man lässt das Product im Tiegel erkalten und schlägt letzteren entzwei. Das Product, Wootz genannt, ist in diesem Zustande ein inniges Gemenge von Eisentheilen verschiedenen Kohlenstoffgehalts. Die kohlenstoffreicheren Theile durchziehen die ärmeren aderartig. Namentlich an den Wandungen des Tiegels zeigt sich reichlicher das kohlenstoffreichere Eisen und deshalb wird der Klumpen unter Einwirkung der Luft zuvörderst ausgeglüht, wobei die Kruste nicht unerheblich entkohlt wird. Nun wird das Stück nochmals erhitzt und unter Hämmern ausgeschmiedet. Hierdurch werden die verschieden gekohlten Theile zwar durcheinander gearbeitet, bilden aber in der Hauptsache doch Lagen mit einigermaassen parallelen Begrenzungen.

Wird ein solches Stück nach dem vollendeten Ausschmieden und Abschleifen angeätzt, so greift die Säure, mit welcher dies geschieht, die einzelnen Theile des Eisens in Folge ihres abweichenden Kohlenstoffgehalts in verschiedener Weise an. Das kohlenstoffarme Eisen behält seinen metallischen Glanz, obwohl es am stärksten gelöst wird, während das kohlenstoffreichere sich mit einer fest anheftenden schwarzen Schicht überzieht, welche von ausgeschiedenem Kohlenstoff herrührt. Sowohl das verschiedene Korn, welches den Reflex des Lichtes bedingt, als die verschiedene Farbe bringen jene schöne Wirkung hervor, welche man um so höher schätzt, in um so gefälligerer Form die Begrenzungslinien geschwungen sind.

Es entsteht zuvörderst die Frage, ob man bei dem hohen Werthe des Damaststahls denselben nicht auf gleiche oder ähnliche Weise in Europa herstellen könne. Die Antwort darauf muss entschieden bejahend in technischer, aber verneinend in ökonomischer Beziehung ausfallen. Eben nur jene sehr billigen Arbeitslöhne, welche in Indien bei der Erzeugung des Eisens und Stahls Platz greifen, dabei die nur dort mögliche Benutzung der Rennarbeit zur Darstellung eines sehr reinen Eisens aus an sich schon vorzüglichen Erzen machen noch eine Production ren-

tabel, welche es hier nicht sein würde. Da aber gerade die technische Unvollkommenheit der Methode die Beschaffenheit des Products bedingt, so lässt sich die Arbeit auch durch keinen besseren und daher auch bei uns billigeren Process ersetzen.

Künstlicher Damast.

Man hat zwar versucht durch Zusammenschweissen von Stahl- und Schmiedeisenstreifen oder Drähten verschiedenen Kohlenstoffgehalts, durch Winden, Durchhämmern und wiederholtes Schweissen des Products ein dem echten Wootzstahl gleiches Product zu erhalten, aber wenn auch ein ähnlicher Karakter erlangt wird, kommt doch niemals dieser künstliche Damaststahl dem echten an Schönheit gleich.

Clouet und Hachette [1]) haben namentlich eine Reihe von Versuchen angestellt, um durch Zusammenschweissen verschiedener Eisentheile die Wirkung des echten Damastes nachzuahmen. Sie nahmen entweder Stahlplatten verschiedenen Kohlungsgrades und pressten diese in eine gravirte Platte, wodurch alle entsprechenden Theile gleiche Verlängerungen erhielten, und schweissten dann das Packet zusammen; oder sie schweissten Bündel von Stahlstäben oder Draht zusammen, gaben denselben eine schraubenförmige Drehung, theilten sie der Länge und der Quere nach und schweissten die Stücke wieder zusammen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass man auf solche Weise recht schöne Muster erzeugen kann, namentlich auch jene am Damaststahl von Liebhabern oft begehrten ringförmigen Figuren, ohne doch die Linienstellung des echten Damasts zu erreichen.

Noch viel weniger schön wird der nach Mille's Verfahren hergestellte Stahl. Hierbei werden in ein Packet von Stahlblättern Punzen eingeschlagen und nachher durch Fortfeilen der Hervorragungen wellenförmige Linien hervorgerufen.

Ebensowenig ist das Verfahren Bréant's empfehlenswerth. Derselbe schmilzt Schmiedeisen mit Kohle im Tiegel (auf 100 Theile Eisen 2 Theile Lampenruss mit oder ohne Zusatz von Mangan, auch Feilspäne von grauem Gusseisen oder oxydirtem Eisen) und lässt dann den Stahl recht langsam erkalten. Hierbei sollen sich die ungleich gekohlten und nicht hinreichend gemischten Massen zum Theil nach dem specifischen Gewichte trennen und nach dem Erkalten ähnliche Muster zeigen wie der echte Damaststahl. Man sieht das Verfahren ist viel zu sehr vom Zufall abhängig und es lässt sich leicht erkennen, dass dasselbe in keiner Beziehung besser ist als das nachher beschriebene indische.

---

[1]) Bergwerksfreund V, S. 390.

Das Auffinden geringer Mengen von Mangan, Nickel, Chrom, Wolfram, Aluminium, Kupfer, Arsen u. s. w. im echten Damaststahl hatte früher auf den Gedanken gebracht, dass man durch einfache Legirung mit derartigen Stoffen das gleiche Ziel erreichen würde, aber wenn sich auch Stahl, der grössere oder geringere Mengen jener Stoffe enthält, wirklich etwas verschieden gegen die Einwirkung der Säure zeigt, so ist doch diese Verschiedenheit keineswegs in dem Grade merklich, dass selbst bei hinreichender Ungleichmässigkeit der Vertheilung eine dem echten Damaststahle nur annähernde Zeichnung entstehen sollte.

So hat z. B. de Luynes [1]) trotz vielfacher Versuche mit Legirungen von Eisen mit Mangan, Nickel und Wolfram weder ein dem indischen gleiches, noch ein ebenso billiges Product herzustellen vermocht.

Wie übrigens bereits in der ersten Abtheilung [2]) erörtert, ist keineswegs das Vorhandensein jener Stoffe nothwendig zur Bildung von Damaststahl, denn viele Arten des echten enthalten thatsächlich gar nichts davon.

Der indische Process.

Buchanan hat 1807 den indischen Process genau beschrieben [3]).

Ein Eisenstück, welches etwa der dritte Theil eines in den gewöhnlichen indischen Oefen [4]) erzeugten Eisenklumpens ist, wird in einem conischen Tiegel von rohem Thon, mit Holz von Cassia auriculata und zwei grossen glatten Windenblättern (Convolvulus oder Ipomoea) zusammengebracht, der Tiegel hierauf mit einem Deckel von rohem Thon verschlossen, verschmiert und in der Nähe eines Feuers gut getrocknet. Der Schmelzofen besteht aus einem kleinen runden Schacht, der sich etwas nach oben erweitert. Ein Thonrohr führt den aus zwei Bälgen, die abwechselnd bearbeitet werden, kommenden Wind an den Boden des vertieften Feuerraums, welcher zuvörderst mit Holzkohle gefüllt wird. Sodann wird rings um dessen Mündung auf den etwas geneigten Boden des Ofenschachts eine Reihe von Tiegeln mit dem Deckel nach aussen gelegt, darauf eine zweite Reihe in derselben Weise und schliesslich wird das so gebildete Kuppelgewölbe durch einen einzigen Tiegel als Schlussstein vollendet. Hierauf wird der der Windform gegenüber liegende Tiegel wieder herausgezogen und durch einen leren, welcher mit seiner Mündung nach innen liegt, ersetzt. Dieser letztere kann nun leicht während der

---

[1]) Bergwerksfreund IX, S. 225. — [2]) S. 28 u. a. a. O. — [3]) Percy, Iron, p. 773 aus A Journey from Madras through the countries of Mysore, Canara, and Malabar. By Francis Buchanan, M. D. London, 1807, 2, p. 20. Der fragliche Process wurde auf der Reise von Sira noch Seringapatam beobachtet. — [4]) Vergl. Abtheil. I, S. 489 u. f.

Arbeit entfernt werden und es bildet sich dadurch eine Oeffnung, welche als Feuerloch zur Einführung frischen Brennmaterials dient. Nach dem Anzünden der Holzkohlen und dem Anlassen des Gebläses wird die Arbeit in 4 Stunden vollendet. Das Tiegelgewölbe wird darauf zerstört, durch ein neues ersetzt und die Arbeit unmittelbar wieder fortgetrieben. Man macht täglich der Regel nach 5 Hitzen zu 14 Tiegeln.

Die erkalteten Tiegel werden zerbrochen und liefern jene wohlbekannten conischen Wootzkuchen mit etwas strahliger oder besser radial faltiger Oberfläche, welche Handelswaare bilden. Diese Kuchen sind umgeben von etwas glasiger Schlacke. Jeder Tiegel soll etwas über ein Kilogramm liefern, giebt aber selten mehr als 0·9 Kg. Ist der Stahl gar nicht geflossen, was auch vorkommt, so zeigt sich nur eine geringe Kohlung und das Product ist ein gewöhnliches Schmiedeisen.

Heath[1]) giebt eine etwas abweichende Schilderung. Nach ihm werden die durch Rennarbeit gewonnenen Eisenklumpen zuvörderst zu Stäben ausgeschmiedet, letztere in kleine Stücke geschnitten und davon im ganzen 0·23 bis 0·90 Kg in den Tiegel gebracht, vermischt mit $^1/_{10}$ des Gewichts an getrockneten Holzspänen und bedeckt mit einem oder zwei grünen Blättern.

Dann wird die Mündung des Tiegels mit Thon gefüllt, welcher, fest aufgestampft, den Zutritt der Luft ganz abschneidet. Das Holz soll nach Heath von Cassia auriculata, die Blätter von Asclepias gigantea und nur, wenn letztere nicht zu beschaffen sind, von Convolvulus laurifolius herrühren. Das weitere Verfahren wird genau so wie von Buchanan beschrieben, aber die Zeit des Schmelzens nur auf $2^1/_2$ Stunde, die Zahl der Tiegel dagegen auf 20 bis 24 angegeben. Auch Heath führt als Kennzeichen vollendeter Schmelzung die radialen Faltungen auf der Oberfläche des Stahlkegels und die Freiheit derselben von Löchern oder Auswüchsen an, wogegen bei unvollkommener Arbeit (ungenügender Hitze) die Oberfläche löcherig erscheint und oft hervorragende unveränderte Eisenstücke umschliesst.

Die Stahlkuchen werden nun mehrere Stunden hindurch in einem Holzkohlenfeuer bei einer Temperatur wenig unter dem Schmelzpunkte ausgeglüht, wobei man den Wind um das Eisen spülen lässt. Heath giebt als Grund für diese Arbeit den bei der Schmelzung erhaltenen zu hohen Kohlenstoffgehalt an, welcher nachträglich durch das Ausglühen wieder gemindert werden solle.

Immerhin bleibt der Wootzstahl eine der kohlenstoffreicheren Sorten, denn er lässt sich sehr schwer schweissen und nur bei dunkler Rothglut schmieden, während er bei höherer Temperatur leicht springt[2]).

---

[1]) Josiah Marshall Heath; Appendix to the Report on the Government Central Museum, Madras. By Edward Balfour. Madras 1856, p. 1, aus Madras Journal of Literature and Science 2, p. 184 durch Percy, Iron, p. 774. — [2]) Vergl. auch Experiments and Observations to investigate the Nature of a kind of Steel manufactured at Bombay, and there called Wootz with Remarks

Henry hat die folgenden Analysen (b. zeigt eine wiederholte Bestimmung) von einem Stück Wootzstahl in Form einer 10 cm langen und 2·5 cm im Quadrat starken Stange mitgetheilt [1]):

		a.	b.
Kohlenstoff	amorph	1·333	1·340
	grafitisch	0·312	—
Silicium		0·045	0·042
Schwefel		0·181	0·170
Arsenik		0·037	0·036
Eisen (aus der Differenz)		98·092	
		100·000	

Aluminium fehlte. Das specifische Gewicht war 7·727.

Nach einer Analyse Faraday's aus dem Jahre 1819 [2]) enthielt ein indischer Wootzstahl:

1·3 Proc. Silicium und
0·65 „ Aluminium.

Dr. Pearson [3]) führt folgende Bestimmungen des specifischen Gewichts an:

1.	Wootzstahl	7·181
2.	desgl. von einem anderen Stück	7·403
3.	No. 1 ausgeschmiedet	7·647
4.	No. 2 desgl.	7·503
5.	Geschmolzener Wootzstahl	7·200
6.	Gehärteter Wootzstahl	7·166

2. Eisenschwammprocess (Rennkohlenstahlprocess).

An den indischen Process schliesst sich sachgemäss die Benutzung eines durch Reduction aus Erzen enthaltenen Eisenschwammes bei vollkommener Schmelzung an. Das Product wird dann wohl Rennkohlenstahl genannt.

Chenot [4]), dessen Rennarbeit in Abtheilung I, Seite 582 u. f. ausführlich beschrieben wurde, hat den Eisenschwamm als Material in folgender Weise benutzt. Der Eisenschwamm wird gemahlen, durch Magnete so weit wie möglich von eisenfreien Gangarten getrennt, darauf mit Holzkohlenpulver, Harz oder ähnlichen kohlenstoffreichen Substanzen gemischt oder in flüssige Kohlenwasserstoffe, Holztheer, Fette u. s. w. [5]) eingetränkt.

---

on the Properties and Composition of the different States of Iron. By George Pearson, M. D., F. R. S. Read June 11, 1795. — [1]) Journal für praktische Chemie, Bd. 57, S. 236. — [2]) Berg- u. Hüttenm. Zeitschr. 1869, S. 153. — [3]) Percy, Iron. p. 776. — [4]) Percy, Iron, p. 766, aus Revue universelle IV, 1859, p. 40 (Grateau). — [5]) Petroleum wäre, wenn es Chenot gekannt hätte, sicherlich nicht ausgelassen worden. Bei Anwendung fettiger Substanzen soll-

Der so vorbereitete Eisenschwamm wird nun stark (auf $^2/_3$ seines ursprünglichen Volumens) zusammengepresst und dabei in die Form kleiner cylindrischer Stücke gebracht [1]), welche in Tiegeln geschmolzen werden.

Nach vollendeter Schmelzung soll der Rest der Gangarten auf dem Metallbade schwimmen und nach Zufügung von etwas Sand zur Verschlackung derselben vor dem Gusse abgezogen werden. In jeden Tiegel kommen 18 bis 25 Kg Eisenschwamm, welche in 4 Stunden einschmelzen. Die, wie der Rennprocess Chenot's [2]), seinerzeit mit vieler Reclame behandelte Methode ist verlassen worden; sie hilft nicht über die Schwierigkeit fort, welche die nothwendige Verschlackung der Gangarten ohne Eisenoxydation macht. Würde man bei vollkommenem Luftausschluss einen Stahl erzeugen können, welcher gewissermaassen zwischen den unberührt bleibenden, d. h. ungeschmolzenen und eisenfreien Gangarten aussaigerte, so würde der Möglichkeit der Ausführung des Processes nichts mehr entgegenstehen, auch wenn die Erze weder vollkommen noch nahezu reines Eisenoxyd sind, aber eine solche Ausführung ist bisher noch nicht gelungen.

Es möge bei dieser Gelegenheit bemerkt werden, dass — wenn man der Combination des Hochofen- und Bessemerprocesses nicht die Anerkennung der vollkommensten Eisenerzeugung unter der Voraussetzung zugestehen will, dass es gelingt, einen Phosphorgehalt unschädlich zu machen —, sich dann gegenwärtig für eine Darstellung im Grossen in der That nur die beiden Wege bieten, entweder (nach dem Vorgange von Siemens) aus einer flüssigen Eisenschlacke das Eisen im festen Zustande auszufällen, während eine flüssige Schlacke übrig bleibt, oder aus einem mit den Gangarten vermischten Eisenschwamm das höher gekohlte Eisen in flüssiger Form auszusaigern, während jene im festen Zustande zurückbleiben.

3. Tiegelkohlenstahl aus festem Schmiedeisen.

Wenn schon nach Heath die Inder zur Darstellung des Wootz ausgeschmiedetes Renneisen benutzten, so liegt in der Anwendung des durch einen der Frischprocesse hergestellten Schmiedeisens gewiss nichts Neues. Mushet liess sich indessen im Jahre 1800 einen solchen Process patentiren [3]), wonach Schmiedeisen in Form von Stäben oder Ab-

ten die unzertheilten Klumpen des Eisenschwamms benutzt werden, welche erst nachträglich einer Zerkleinerung unterlagen und, um einen zu hohen Kohlenstoffgehalt zu vermeiden, mit unimprägnirtem Eisenschwamm gemischt dem weiteren Verfahren übergeben wurden. — [1]) Man sieht Blair (S. 556) hat dieses Verfahren nachgeahmt für den analogen Flussstahlprocess. — [2]) Vergl. Abtheil. I, S. 583. — [3]) Manufacture of Cast-Steel, and an improved Coking Furnace, A. D. 1800, Nov. 13. No. 2447, und Mushet, Papers on Iron and Steel, 1840, p. 525.

fällen mit kohlenstoffhaltigen Substanzen geschmolzen werden sollte. Die dazu benutzte Holzkohle sollte $\frac{1}{100}$ des Eisengewichtes nicht überschreiten. Er wendete den Process hauptsächlich zur Erzeugung eines kohlenstoffarmen Stahls oder kohlenstoffreichen Schmiedeisens an und schlug dann nur $\frac{1}{140}$ bis $\frac{1}{150}$ an Holzkohle zu.

1839 erhielt Vickers ein Patent [1]) auf die Herstellung von Stahl durch Schmelzung in Tiegeln von je 45·36 Kg Eisenbohrspänen oder Schmiedeisenabfällen mit 1·36 Kg schwarzem Manganoxyde und 1·36 Kg bester gemahlener Holzkohle [2]).

Ein ähnliches Product von Shortridge, Howell & Co. zu Sheffield erregte wegen seiner vorzüglichen, dem geringen Kohlenstoffgehalte [3]) zuzuschreibenden Eigenschaften, nämlich einer grossen Zähigkeit, verbunden mit Schweissbarkeit und etwas grösserer Härte, als gewöhnliches Schmiedeisen besitzt, bei der Londoner Ausstellung 1862 grosses Aufsehen. Man wandte damals den wie es scheint 1856 zuerst von Howell [4]) gebrauchten Ausdruck Homogeneisen (*Homogeneous metal*) an, welcher indessen, später ebenso und häufiger für Flussstahl gebraucht, keine gute Bezeichnung ist.

Es mögen hier noch einige von Percy [5]) mitgetheilte, zum Theil auf gänzlicher Unkenntniss des chemischen Vorgangs gegründete Versuche Tiegelkohlenstahl herzustellen erwähnt werden.

Brooman [6]) wollte Eisen mit Cyansalzen und Salmiak schmelzen. Die Mischung sollte sein: Auf 100 Gewichtstheile Holzkohle 60 Gewichtstheile Kochsalz, 5 Gewichtstheile Ziegelmehl oder Manganoxyd, 10 Gewichtstheile Salmiak, 5 Gewichtstheile Ferrocyankalium. Dazu das 80fache der Holzkohle an Eisen.

Thomas [7]) nimmt eine Mischung von 16 Gewichtstheilen Kochsalz, 3 Gewichtstheilen Ferrocyankalium, 1 Gewichtstheil doppeltchromsaurem Kali, 4 Gewichtstheilen pulverisirter thierischer Kohle, dabei 1 Gewichtstheil der Mischung auf 40 Gewichtstheile Eisen, als seine Erfindung in Anspruch.

Binks [8]) will cyanhaltige und ammoniakhaltige Substanzen anwen-

---

[1]) A. D. 1839, June 25, No. 8129. — [2]) Vickers wollte übrigens auch Roheisen dazu mischen, circa 14 Kg mit etwas über 1 Kg Manganoxyd und 1·5 Kg Holzkohle, was einen Uebergang zur Tiegelflussstahlbereitung (S. 516) geben würde. — [3]) Es enthielt 0·23 Proc. Kohlenstoff oder etwa $\frac{1}{430}$, wenn, wie Percy (Iron, p. 777) angiebt, ausserdem 0·334 Proc. fremde Substanzen (Silicium, Schwefel, Phosphor, Mangan) darin waren. — [4]) Improvements in the manufacture of cast-steel. A. D. 1856, Oct. 9, No. 2369, vergl. S. 515. — [5]) Iron, p. 801. — [6]) A communication, A. D. 1856, Febr. 12, No. 359, Abridgments, p. 218. — [7]) A communication, George Cumming Thomas, A. D. 1856, Sept. 3, No. 2039. — [8]) Christopher Binks, A. D. 1856, Nov. 14, No. 2695 und A. D. 1856, Nov. 25, No. 2711.

den, auch Ströme von Stickstoff, Kohlenoxyd und Ammoniak durch geschmolzenes Eisen leiten.

Am drolligsten dürfte das Patent von Charles Low[1]) sein, welcher Schmiedeisen in Tiegeln schmelzen will mit einer Mischung von 42 Gewichtstheilen schwarzem Manganoxyd, 8 Gewichtstheilen Grafit, 14 Gewichtstheilen Holzkohle und 2 Gewichtstheilen Salpeter. Mit Recht bemerkt Percy hierzu: „Diese Mischung gäbe gewiss ein herrliches Feuerwerk!"

Endlich ist noch zu erwähnen, dass bei der Tiegelkohlenstahlbereitung, welche eine Zeitlang einige Ausdehnung gewonnen hatte, oft Thon zugeschlagen wurde, dass indessen hiermit nur eine Eisenverschlackung verbunden sein kann und dass abgesehen von dem Zuschlage einigen Manganoxydes zur Bildung einer leichtflüssigen Schlackendecke, welche die Aschenbestandtheile der Holzkohle und abbröckelnde Tiegeltheilchen aufnimmt, ein Zuschlag überhaupt nicht zu empfehlen ist. Uebrigens sind auch selbst Manganoxyde, oder wie Andere[2]) vorgeschlagen haben Eisenoxyde (Hammerschlag) deshalb gefährlich, weil sie die Tiegelwände stark angreifen und anfressen und daher praktisch oft mehr Schaden als Nutzen anrichten.

Schlussfolgerung.

Die Tiegelkohlenstahlerzeugung nach indischer Methode ist für europäische Verhältnisse zu kostspielig; ebenso die Combination der neueren Rennarbeiten mit dem Umschmelzen im Tiegel unter Zusatz von Kohle, wenn sie überhaupt ausführbar ist; die Tiegelkohlenstahlerzeugung mit festem Schmiedeisen ist nur für kleine Productionen berechnet, lässt sich besser durch Flussstahlerzeugung ersetzen und wird daher ebenfalls immer nur eine beschränkte Anwendung behalten, wenn sich auch nicht verkennen lässt, dass durch Zusammenschmelzen reinen Schmiedeisens mit Holzkohle ein sehr vorzügliches Product erzeugt werden kann. Die Unsicherheit des Kohlungsgrades indessen lässt diesen Process ebenfalls gegen die Combination des im Folgenden beschriebenen Cementirens mit nachfolgendem Umschmelzen zu Gussstahl zurücktreten.

b. Kupolofenstahl.

Wird Schmiedeisen in einem Gebläseschachtofen mit hinreichendem Aufwande von Koks oder Holzkohle durchgeschmolzen, so kohlt sich das-

---

[1]) A. S. 1844, May 25, No. 10 204. — [2]) z. B. Howell.

selbe höher und kann je nach der Zeit des Verweilens im Ofen und der herrschenden Temperatur in Stahl oder Roheisen umgewandelt werden. Auf diese Weise gelingt es aus einem Roheisen, welches durch directe Stahlerzeugung kein brauchbares Product geben würde, ein solches zu erhalten, wenn man es zuvörderst durch Ueberführung in Schmiedeisen vermittelst eines Frischprocesses reinigt und dann zurückkohlt.

Parry in Ebbw Vale hat den Vorgang benutzt, nicht um direct Stahl zu erzeugen, sondern um Eisenabfälle (Durchstösse von Kesselblech, Blechschnitzel, Stabeisenenden und dergleichen mehr), welche aus einem phosphorhaltigen Eisen durch Puddeln hinreichend phosphorfrei erhalten waren, in Roheisen umzuwandeln. Dieses Roheisen wurde in einen Bessemerapparat abgestochen, dort wieder ganz entkohlt und durch Spiegeleisen zurückgekohlt.

Man hat diesen Process zu Königshütte in Oberschlesien [1]) nachgeahmt, ihn auch hinsichtlich des Resultats bestätigt gefunden, aber in ökonomischer Beziehung die Erfahrung gemacht, dass das Product viel zu theuer ausfällt, um das Verfahren im Grossen anwenden zu können.

Der Vorgang des Kohlens wird wesentlich erleichtert, wenn man mit dem Schmiedeisen geringe Mengen Roheisen durchschmilzt. Es wird dann nur zur Verschlackung anhaftenden Sandes u. s. w. ein geringer Kalkzuschlag nothwendig.

Ist auch der Process, wie angegeben, zu einer Stahlerzeugung im Grossen nicht geeignet, so empfiehlt er sich doch zur Verwerthung von Abfällen, welche sich im Flussstahlflammofen wegen zu grosser Feinheit nicht wohl verarbeiten lassen, wie Drehspäne, Feilspäne, Hobelspäne etc. Diese schmilzt man im gewöhnlichen Giessereikupolofen mit Roheisen durch und erhält dann ein Product, welches meist ein wenig kohlenstoffärmer ist, als das Gusseisen ohne diesen Zusatz sein würde, weil bei schnellerem Schmelzen eine sehr viel höhere Kohlung nicht stattfindet. Das Product ist dann für zähe Gusswaaren, wie Wellen und dergleichen mehr, sehr geeignet [2]).

Auch hier finden sich mancherlei Uebergänge zur Erzstahlerzeugung. Man lässt nämlich zuweilen die Späne, welche mit dem Roheisen durchgeschmolzen werden sollen, zuvörderst an der feuchten Luft liegen, besprengt sie wohl auch mit schwacher Säure oder Eisenvitriol, mischt sie mit Steinsalz oder besprengt sie mit Salzlösung. Ist auch der Zweck mehr der, die feinen Späne, welche leicht durch den Wind ausgeblasen werden und oft in Form eines starken rothbraunen Rauchs verbrennen, zu compacten Massen zusammenzukitten, so wirkt doch die mehr oder minder stark eingetretene Oxydation der Kohlung entgegen, da zuvörderst eine entsprechende Reduction eintreten muss. Bei hinreichend

---

[1]) Vergl. S. 244 u. Preuss. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen Bd. XIV, S. 156. — [2]) Es wird oft wie das analoge Flussstahlproduct (S. 554) Stahlguss genannt.

schnellem Durchschmelzen und geringerem Kohlenaufwand geht der Process mehr oder minder in eine Flusstahlerzeugung über.

Praktische Ausführung des Parry'schen Processes.

Der Ofen, welcher sich im allgemeinen nicht von den gewöhnlichen Kupolöfen unterscheidet, hat ausser der horizontalen Form noch eine zweite kleinere, welche mit 30 bis 45° Stechen abwärts geneigt ist. Diese letztere soll die schnelle Kohlung des Eisens begünstigen, wobei vorausgesetzt werden muss, dass der Windstrom das sich am Herde ansammelnde Eisen nicht treffen kann, da sonst gerade das Umgekehrte, nämlich eine heftige Entkohlung, stattfinden würde.

Nachdem der Ofen angeheizt ist, wird er mit je 355 Kg Koks (sammt etwas Kalk zur Verschlackung der Asche) auf 1000 Kg Schmiedeisen in Form von 10 bis 15 cm langen Abfällen und Enden von Puddeleisen beschickt und zwar so, dass immer 200 Kg Eisen gleichzeitig aufgegeben werden. Der Ofen wird beständig voll gehalten. Ein Ofen von 0·76 m im Quadrat, mit abgerundeten Ecken und 3·05 bis 4·57 m Höhe, der den Wind von einer horizontalen Düse von 0·06 und einer geneigten Düse von 0·03 m Durchmesser erhielt, wobei der Wind eine Pressung von 0·17 bis 0·21 Kg auf den Quadratcentimeter hatte, kohlte in der Stunde eine Tonne Eisen.

Parry bemerkt, dass oxydirtes Eisen als dichter brauner Rauch aus der Gicht entweichen würde, wäre nicht die Kohlensäule hoch genug, um stets von neuem eine Reduction herbeizuführen. In der That sah aber der Verfasser in Ebbw Vale selbst bei diesem Processe stets den braunen Rauch entweichen und auch Percy [2]) sagt, dass man denselben auf weite Entfernungen bemerken könnte. Bei einem 1 m hohen Ofen zeigte sich wirklich ein Verlust von $^1/_5$ des Eisens durch Sublimation.

Nach dem Patente wollte Parry das erzeugte gekohlte Eisen von neuem dem Puddelprocesse unterwerfen, ja das Verfahren mehrfach wiederholen, um ein vorzüglich reines Product zu erzeugen.

Parry hoffte so aus phosphorhaltigem Roheisen ein Schmiedeisen zu erzielen, welches für den Cementirprocess wohl geeignet sei. Er giebt als einen Erfahrungssatz an, dass durch das Puddeln der Schwefelgehalt auf $^1/_3$, der Phosphorgehalt auf $^1/_4$ bis $^1/_5$ verringert werden könne und daher bald ein hinreichend reines Eisen erreicht werden müsse.

Sind die Koks schwefelhaltig, so soll möglichst viel Kalk zugesetzt werden, auch sollen die ersteren im trockenen Zustande in Kochsalz- oder Sodalauge getaucht oder diese Stoffe in den Ofen gestreut werden.

---

[1]) Improvements in the manufacture of Iron and Steel. A. D. 1861, No. 2900, und Percy, Iron, p. 665. — [2]) Iron, p. 667.

In Ebbw Vale war nicht ein Puddelprocess, sondern, wie bereits erwähnt, ein Bessemerfrischprocess mit dem Kohlungsprocesse direct verbunden.

Anschliessende Methoden.

Wo man keine geeigneten Apparate zur unmittelbaren Wiederverarbeitung von Stahl- und Schmiedeisenabfällen besitzt, noch solche einrichten kann oder will, giebt man die genannten Abfälle im Hochofen mit den Erzen auf [1]). Es findet dann eine Kohlung zu Roheisen statt. Die an sich leicht ausführbare Methode kann nur da ökonomisch günstige Resultate liefern, wo jene Abfälle geringeren Werth als das Roheisen haben, oder wo man das Eisen direct aus dem Holzkohlenhochofen in den Bessemerapparat leitet.

Eine Methode, welche man als Flammofenkohlenstahlmethode bezeichnen könnte, ist von Bérard vorgeschlagen. Derselbe hatte einen Ofen mit zwei Herden construirt [2]), entkohlte darin zuvörderst Roheisen durch Gebläseluft und kohlte das Product wieder durch Kohlenwasserstoff. Er hoffte durch Wiederholung dieses Processes einen phosphor- und schwefelfreien Stahl zu erhalten. Der versuchsweise zu Montataire ausgeübte Process führte natürlich hinsichtlich des Phosphors nicht zum Ziele und ergab im übrigen ungünstige ökonomische Resultate.

---

[1]) Mit geringem (0·015 cbm) Mehraufwand von Holzkohle kann man 14 bis 16 Proc. des Erzgewichtes an Roheisen umschmelzen. Vergl. Journal of the Iron and Steel Institute und Purtscher im Polytechn. Centralbl. 1875, S. 234. — [2]) Vergl. Annales des Mines XII, Sér. VI, p. 170.

C. Cementstahl.

Der Cementstahl wird durch Kohlung von Schmiedeisen erhalten, ohne dass dass Product in den flüssigen Aggregatzustand übergeht, wie beim Flussstahl und Kohlenstahl. Das Kohlungsmittel ist, wie bei letzterem, Kohle und zwar nur in Form von Holzkohle.

Die allgemeinen Grundsätze des Uebergangs von Kohlenstoff in das Eisen bei der Erhitzung eines mechanischen Gemenges beider Stoffe ohne Erreichung des Schmelzpunktes sind bereits S. 507 erörtert worden. Es ist dort gezeigt, wie bei bestimmten Temperaturen das Eisen einen bestimmten Kohlenstoffgehalt aufzunehmen im Stande ist, welcher bei hinreichender Zeit der Einwirkung sich in der ganzen Eisenmasse gleichmässig durch Molecularwanderung vertheilt; wie daher bei jeder Temperatur stets anfangs eine kohlenstoffreichere Rinde entsteht und erst allmälig die Kohlung bis zum Kerne fortschreitet, dann aber nicht höher getrieben werden kann, ohne dass gleichzeitig die Temperatur gesteigert wird. So kann man zwar nach Belieben jede Art von höher gekohltem Eisen bis zum Gusseisen hin erzeugen, wenn man die entsprechende Zeit und eine hinreichende Temperatur anwendet, ist aber die Grenze des Kohlenstoffgehalts eines schmiedbaren Eisens wesentlich überschritten, so erfolgt Schmelzung und damit hört die Möglichkeit der Cementation auf und der Process geht in einen der Kohlenstahlarbeit analogen über.

Der Process wird der Regel nach in der Art ausgeführt, dass Schmiedeisen von Stabform in Holzkohlen eingepackt bei einer bestimmten, etwa der Kupferschmelzhitze gleichen Temperatur so lange erhitzt wird, bis es die der Temperatur entsprechende Kohlenstoffmenge gleichmässig aufgenommen hat. Seltener erhitzt man schmiedeiserne Gegenstände nur so lange bis sie eine kohlenstoffreichere Rinde erhalten haben, die ihnen äusserlich die Eigenschaft des Stahls (Härte, Härtbarkeit und Politurfähigkeit) verleiht. Im letzteren Falle nennt man den Process Oberflächenhärtung.

Vorgänge beim Cementiren.

Ueber die chemischen Vorgänge beim Cementiren sind die verschiedenartigsten Hypothesen aufgestellt worden, welche in der ersten Abtheilung der Eisenhüttenkunde S. 131 ausführlich besprochen wurden und hier nur noch einmal kurz zusammengestellt und kritisch behandelt werden sollen, ohne auf die Quellen ausführlich zurückzugehen.

Reiner Kohlenstoff in Berührung mit Eisen kohlt dieses bei erhöhter Temperatur und der Kohlenstoff pflanzt sich durch Molecularwanderung bis ins Innere der compacten Eisenmasse fort.

Die Möglichkeit einer solchen Einwirkung ist hinreichend bewiesen. Margueritte [1]) hat gezeigt, dass Diamant, also chemisch reiner Kohlenstoff, in einer Atmosphäre von chemisch reinem Wasserstoffe, in einem für Herdgase undurchdringlichen doppelt glasirten Porcellanrohre, reines Eisen kohle.

Es ist indessen nicht erforderlich, dass die bei der Cementation vor sich gehende Kohlung allein durch den festen Kohlenstoff der Holzkohle erfolge, weil erstens die Holzkohlen nicht aus reinem Kohlenstoff bestehen und zweitens zwischen den Zwischenräumen der einzelnen Stücke atmosphärische Luft eingeschlossen bleibt, welche einen Einfluss haben kann.

Holzkohlen enthalten neben festem Kohlenstoff an Gasen: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Grubengas (zuweilen auch ölbildendes Gas), Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff — mehrere Analysen sind in der Abtheil. II, S. 281 mitgetheilt —, ferner Wasser und endlich Aschenbestandtheile. Man kann im Durchschnitt 9 bis 10 Proc. Wasser, 7 Proc. andere (meist permanente) Gase und 1 bis 2 Proc. Asche rechnen. In der Asche ist hauptsächlich Kalium und Calcium enthalten [2]). Von diesen Bestandtheilen kommen nur die kohlen- und stickstoffhaltigen in Betracht, sowie vermittelnd die Aschenradicale, namentlich Kalium.

Von den kohlenstoffhaltigen Gasen mit Ausnahme der Kohlensäure, welche ausser Betracht kommt (S. 509), kann eine Wirksamkeit nur bei Temperaturen unter 800° erwartet werden, denn dann sind sie sämmtlich aus der Holzkohle ausgetrieben. Wären es diese Gase also, welche die Cementation allein bewirkten, so wäre eine weitere Erhitzung und eine tagelange Fortsetzung des Processes ganz überflüssig. Das Kohlenoxyd muss den Anfang machen, denn wie S. 510 erörtert, wirkt es kohlend nur bei Temperaturen unter 400°; die Kohlenwasserstoffe können noch weiterhin wirksam sein (S. 511). Da nun die Erfahrung lehrt, dass bei jedem Cementationsprocesse frische Kohlen den alten zugeführt werden müssen, um den Kohlungsprocess nicht allzusehr zu verzögern, so darf man die Einwirkung dieser kohlenstoffhaltigen Gase nicht

[1]) Abtheil. I, S. 134. — [2]) Vergl. I. Theil der Metallurgie S. 73.

ableugnen, aber man kann mit Bestimmtheit behaupten, dass sie nicht allein kohlend wirken, sondern nur den Anstoss geben zu dem chemischen Vorgange der Verbindung des festen Kohlenstoffs mit dem Eisen. Derartige Anregungen zu chemischen Reactionen, welche wohl nur durch Erzeugung galvanischer Ströme zu erklären sind, stehen nicht vereinzelt da.

Die Bildung von Cyan aus dem Kohlenstoffe und dem Stickstoffe der Luft würde, wenn man die Temperatur zur Reduction des in der Asche enthaltenden Kaliums für genügend erachtet, möglich sein. Ueber die zweifelhafte Wirksamkeit des Cyankaliums ist schon Seite 512 ausführlich gesprochen. Man hat nicht nöthig dessen Thätigkeit zur Erklärung des Cementirprocesses herbeizuziehen.

Die Eisenstäbe, welche zur Cementation verwendet worden waren, zeigen auf ihrer Oberfläche eine Menge von Blasen, welche dem Stahl auch den Namen Blasenstahl, (*blister steel, blistered steel, acier boursoufflé, acier poule*) verschafft haben. Die Erklärung für diese Blasen ist sehr verschieden versucht worden. Percy [1]) schreibt sie der Expansion eingeschlossener Gase zu und in der That kann eine andere Erklärung auch kaum Platz greifen, während dieselbe andererseits vollständig genügt. Dass solche Blasen nur an der Oberfläche entstehen, hat darin seinen Grund, dass sich die im Innern entwickelnden Gase allmälig durch die in Folge der hohen Temperatur weiter von einander getrennten Molecüle des Eisens so lange hindurchwinden, als sie einen starken nach allen Seiten gleichen Widerstand finden. Sobald sie indessen unter die letzte Lamelle nahe der Oberfläche treten, hört der Widerstand nach dieser Seite hin auf und es entsteht eine blasenartige Anschwellung. Schwieriger ist die Entscheidung, welche Gase die Ursache sind. Dass in den wohlgeschmiedeten Stäben, welche man zu benutzen pflegt, keinerlei Gase sich eingeschlossen befinden, die nur in Folge der erhöhten Temperatur expandiren, darf wohl als sicher angenommen werden. Die betreffenden Gase müssen sich daher bei dem Processe selbst erzeugen.

Diejenigen, welche voraussetzen, dass die Cementation nicht durch Wanderung des festen Kohlenstoffs, sondern durch Gase, namentlich Cyan, entstehe, finden die Erklärung in dem gasförmigen Rückstande, also Stickstoff, Kaliumdampf, Wasserstoff u. s. w., welcher nach Abgabe des Kohlenstoffs permanent verbleibt.

Wenn man sich aber für die Molecularwanderung und nur den nebensächlichen Einfluss jener Gasarten entscheidet, so muss die Gasentwickelung einer anderen Ursache zugeschrieben werden. Nun befinden sich in allen durch einen Frischprocess entstandenen Schmiedestücken kleine Schlackentheile eingeschlossen, welche um so weniger entfernt wurden, je weniger Schweissprocessen das Eisen ausgesetzt gewesen war. Die Schlackentheilchen sind entschieden Garschlacken oder auch einfach Ham-

---

[1]) Iron, p. 772.

merschlag. Kommt mit diesen der wandernde Kohlenstoff in Berührung, so bildet sich so lange Kohlenoxyd, bis der Sauerstoff des Eisenoxyduls verbraucht ist. Dies Kohlenoxyd expandirt und giebt die Blasen.

Diese gleichfalls von Percy aufgestellte Annahme giebt eine ausreichende Erklärung. Indessen ist noch zu erwähnen, dass Henry [1]) dem Einflusse des Schwefels die Entstehung der Blasen zuschreibt. Nach ihm fand sich in einer Eisenstange vor dem Cementiren ein Gehalt von 0·577 Proc. Schwefel, nachher nur 0·017 Proc., so dass 0·560, d. h. 97 Proc. des gesammten Schwefels während des Processes entwichen sein müssen. Henry glaubt, dass letzteres in Form von Schwefelkohlenstoff geschehen sein werde, welcher die Blasen bilde, und führt als Analogon die Bildung von Schwefelkohlenstoff bei der Erhitzung von Schwefelkies mit Holzkohle an. Percy entgegnet darauf mit Recht, dass Schwefelkies bei der Erhitzung schon an sich Schwefel entwickele, während bei der geringen Menge Schwefel im Eisen davon nicht die Rede sein könne. Uebrigens deute auch die Unregelmässigkeit der Blasen auf eine ungleiche Vertheilung der die Gase erzeugenden Substanz.

Geschichtliches [2]).

Von der Geschichte des sehr alten Cementationsprocesses ist wenig bekannt. Die Alten scheinen ihn als solchen nicht gekannt zu haben [3]). Réaumur beschreibt ihn vollständig [4]) in der Art, wie er fast unverändert noch bis heutigen Tages ausgeführt wird.

Kerl [5]) giebt ohne Citat der Quelle an, dass die Cementstahlbereitung den Engländern schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts bekannt gewesen und angeblich durch einen Arbeiter aus der deutschen Grafschaft Mark eingeführt worden sei.

Der Cementirofen.

Die folgenden Zeichnungen sind Percy's Metallurgie [6]) entlehnt für welche sie von dem Stahlfabrikanten Sanderson zu Sheffield geliefert wurden.

Die Abbildungen (Figuren 160 bis 163) zeigen ein zusammengebautes Ofenpaar. Den Hauptttheil bilden die beiden in Fig. 162 im Grundriss, in Fig. 163 im Aufriss sichtbaren Kästen *aa*, welche einen oblongen

---

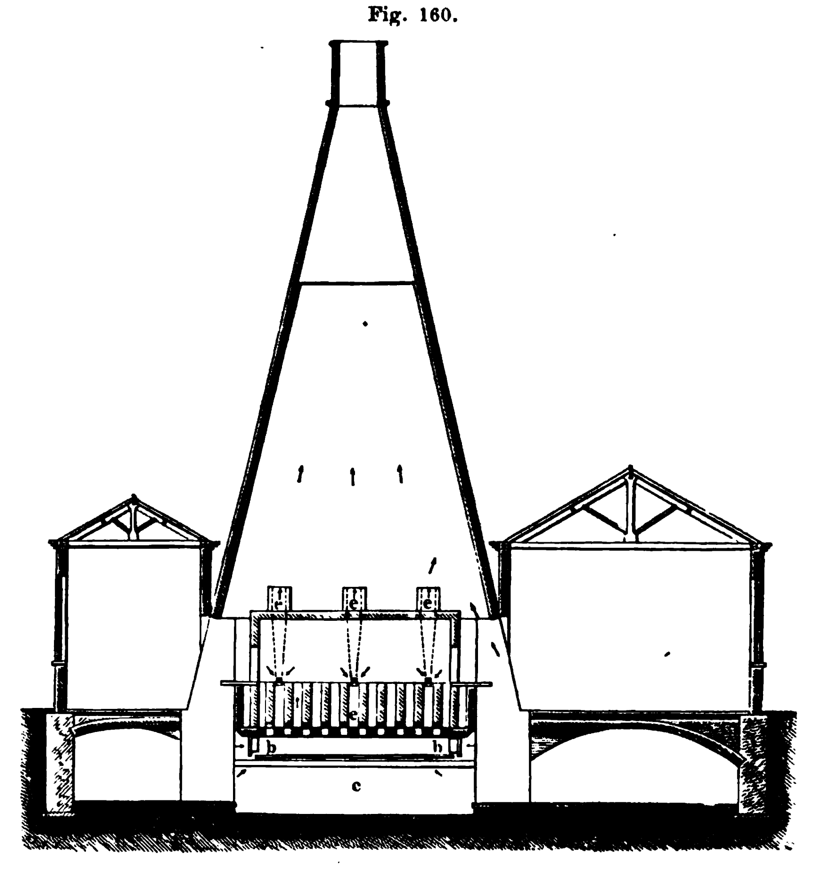
[1]) Percy, Iron 773. — [2]) Nach Percy, Iron, p. 768. — [3]) Beckmann, history of Inventions and Discoveries, 2. Bd. 1814, p. 4, p. 241. — [4]) L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu. Paris 4. 1722. — [5]) Grundriss der Metallurgie, Bd. III, S. 395. — [6]) Iron, p. 769.

Horizontal- und einen trapezischen Verticalquerschnitt besitzen. Sie bestehen aus feuerfesten Sandsteinplatten.

Die Sandsteintafeln[1]), welche gut zusammengestossen werden müssen, erhalten der Regel nach am Boden 10 bis 13 cm Dicke, die Seiten, welche seltener aus einer einzigen Lage, als vielmehr aus zwei übereinander angeordneten Reihen bestehen, erhalten in der untersten Reihe dieselbe Stärke, in der obersten nur 6 bis 8 cm. Man nennt diese Kästen, welche das Eisen und die Kohle aufnehmen, Kisten (*chests*).

Unter den Kisten und zwar in der Mitte des Ofens geht ein Rost (*b*)

Fig. 160.



Cementiröfen. Längenschnitt.

der ganzen Länge nach hindurch und ist mit zwei Aufschüttethüren versehen, während sich darunter der Aschenfall *c* befindet. Die Feuergase ziehen von der Feuerung aus um die beiden Kisten in einer grossen Zahl von Kanälen herum, deren unterer horizontaler Theil deutlich aus der

1) In Sheffield aus der Kohlensandsteinformation.

Inhaltsverzeichniss

der

dritten Abtheilung der Eisenhüttenkunde.

Darstellung des schmiedbaren Eisens.

Seite

Zweiter Abschnitt.

Das Stahlkohlen.

Anmerkung. Die vierte Lieferung wird den Cementstahlprocess vollenden und mit der Tiegelgussstahlerzeugung, dem Schweissprocesse, der Verarbeitung des Eisens unter Hämmern und Walzen und den Angaben über die Festigkeit des schmiedbaren Eisens den Beschluss des ganzen Werkes machen.

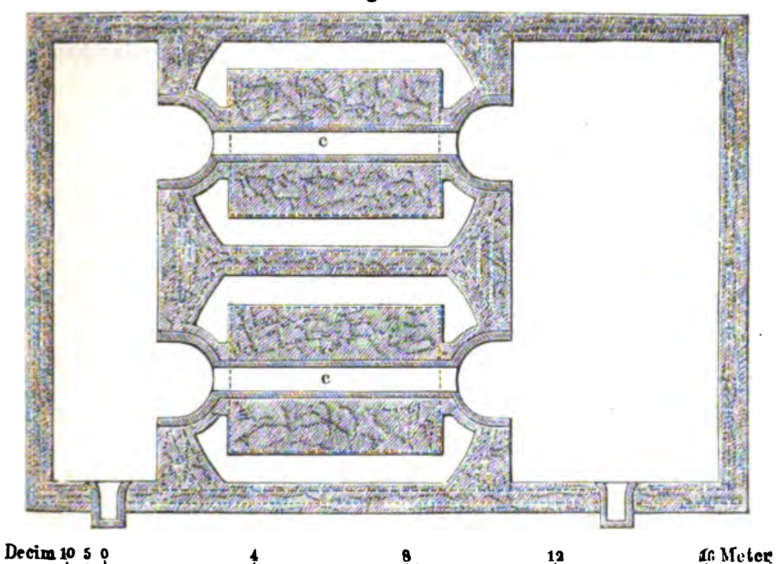
Berichtigung.

Die Seite 252 als „Zehme's Untersuchungen" angegebenen Resultate über das Puddeln kupferhaltigen Eisens sind, wie die S. 236 mitgetheilten Analysen, von Dr. K. List ausgeführt worden und wurden nur zuerst veröffentlicht in dem von dem Director der Anstalt, Dr. Zehme, herausgegebenen Berichte über die Königl. Gewerbeschule zu Hagen im Jahre 1859.

Ferner ist zu bemerken, dass durch einen Druckfehler der Quelle S. 237 Manganoxyd statt Thonerde gesetzt ist. Hierdurch wird das daselbst ausgesprochene Bedenken hinsichtlich der Zuverlässigkeit der analytischen Methode gegenstandslos, was im Interesse des verdienstvollen Autors hierdurch gern festgestellt wird.

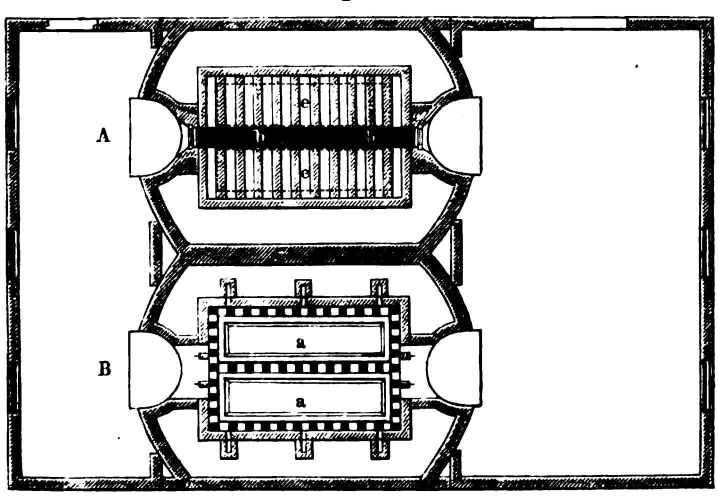
oberen Hälfte der Fig. 162 zu ersehen ist, während der verticale in den

Fig. 161.



Cementiröfen. Grundriss durch den Aschenfall.

Fig. 162.



Cementiröfen. Horizontalschnitt durch die Züge unter den Kisten und durch die Kisten.

schwarz gedruckten Quadraten der unteren Hälfte der Zeichnung kenntlich wird. Diese Kanäle [1]) münden unter einem Gewölbe *d* (Fig. 163), aus

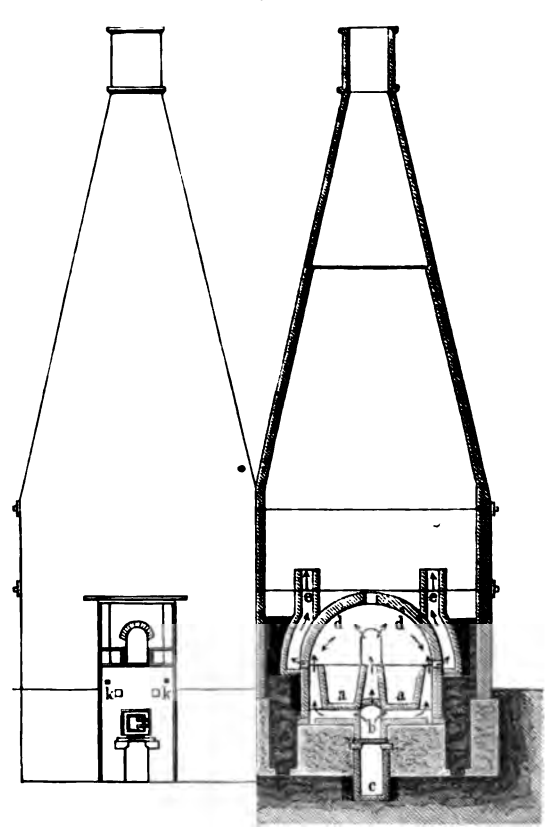
[1]) Deren Querschnitt der Regel nach 114 bis 229 mm im Quadrat beträgt.

welchem sie durch mehrere kleine Essen *e* (drei an jeder Seite) in einen Hohlkegel ziehen, welcher sie in geeigneter Höhe in die Luft führt, um nicht allzubelästigend für die Nachbarschaft zu wirken [1]).

Zwei Oeffnungen, gross genug, um einen Menschen hindurchzulassen,



Fig. 163.



Ansicht und Verticalschnitt.

verbinden die Hütte mit dem durch das Gewölbe *d* überspannten Raume. Die beiden Oeffnungen *k k* dienen zum Herausnehmen der Probestangen.

Die Kisten.

Obwohl die meisten Oefen zwei Kisten enthalten, giebt es doch auch deren mit einer oder mit drei Kisten. Ein einkistiger Ofen von Friedrichs-

---

[1]) Diese kegelförmigen Rauchmäntel sind sehr karakteristisch für die Cementiröfen und verleihen z. B. der Stadt Sheffield neben den Essenreihen der Gussstahlschmelzöfen ein ganz eigenthümliches Ansehen.

thal in Württemberg findet sich in Dingler's polytechnischem Journal, Band CXLVI, abgebildet. Von demselben, der mit Hochofengasen geheizt wurde, ist weiter unten die Rede.

Tunner[1]), welchem Oesterreich wie die Einführung so viele Zweige der Eisenindustrie, so auch die Einführung des Cementirprocesses zu danken hat, schlug zuerst vor, statt zweier, drei Kisten anzulegen, von denen die mittlere etwas höher als die seitlichen stehen sollten. In der That sind derartige Anordnungen sowohl in Steiermark als auch in Schweden[2]) ausgeführt worden, aber die etwas grössere Schwierigkeit die Kisten zu besetzen und zu entleeren hat ihnen keinen allgemeinen Anklang verschafft.

Die Kisten bestehen nicht immer aus Sandsteinplatten, sondern auch oft aus Platten von feuerfestem Thon, oder aus Mauersteinen, oder sind aus Masse um Modelle aufgestampft.

Die Wände der Kisten werden, wenn sie aus feuerfesten Ziegelsteinen gemauert werden sollen, aus zwei hochkantigen Schichten Ziegeln im Verbande hergestellt (im Ganzen 0·114 m stark), der Boden dagegen aus drei flachliegenden Schichten. Als Mörtel dient eine sehr feine Schlämpe von feuerfestem Thon. Dann erhalten die Kisten der Regel nach statt des trapezischen einen quadratischen oder oblongen Verticalquerschnitt.

Werden die Kisten aus Masse hergestellt, so benutzt man einen sehr quarzreichen Thon, welcher um hölzerne Modelle mit angewärmten eisernen Schlägeln sorgfältig aufgestampft wird.

Was die Dimensionen der Kisten anbetrifft, so sind sie im Mittel 2·80 bis 3·40 m lang, 0·70 bis 1·10 m hoch und 0·70 bis 0·90 m breit, doch haben sich in dieser Beziehung mancherlei Aenderungen geltend gemacht.

Während die älteren Oefen nur 5000 Kg Eisen fassten, hat man später solche bis zu 40 000 Kg eingerichtet, ist aber im Durchschnitt bei 15 000 bis 20 000 Kg Eisen Fassungsvermögen stehen geblieben[3]).

Gewölbe.

Statt des feststehenden Gewölbes über dem Kistenraume hat man, um die Zugänglichkeit zu vergrössern, auch ein bewegliches Gewölbe angebracht.

Ein solches besteht aus zwei gleichen Theilen, deren jeder auf einem eisernen mit Rollen versehenen Rahmen ruht, so dass jede Hälfte leicht für sich fortgeschoben werden kann.

---

[1]) Oesterr. Jahrb. 1854, S. 121, ein sehr ausführlicher Aufsatz mit Abbildung. — [2]) Dort nach Rinmann schon in den vierziger Jahren bekannt (Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 490). — [3]) Le Play, Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1844, S. 317.

Weiteren Eingang scheint sich diese Construction nicht verschafft zu haben, überhaupt nur auf kleine Oefen beschränkt geblieben zu sein.

Feuerung.

Während man für Steinkohlen fast überall den einfachen Planrost, wie er oben beschrieben wurde, beibehalten hat, ist man bei Anwendung von Braunkohle der Regel nach zum Treppenrost übergegangen.

So sind z. B. in Leoben für jeden Ofen zwei Treppenroste angeordnet, welche in je in einen kürzeren Planrost am unteren Ende ausmünden, während zwischen den beiden letzteren ein Gewölbe eine nur zur halben Höhe gehende Trennung der Feuerplätze bildet [1]).

Hin und wieder hat man an Stelle der nur schwach ziehenden kleinen Essen und des höheren Rauchmantels eine eigentliche Zugesse angewendet, dann aber der Kostspieligkeit letzterer wegen je zwei Oefen mit einer gemeinschaftlichen Esse versehen.

In Westfalen finden sich z. B. je zwei Cementiröfen mit einer zwischen denselben frei und auf besonderem Fundamente stehenden Esse. Die Gewölbe der Oefen haben dann je vier Zugessen, welche in horizontale, mit Schieber versehene und in die Esse einmündende Kanäle auslaufen.

Abweichungen.

Man hat statt des festen Brennmaterials Generatorgase oder Hochofengase vorgeschlagen. Will man erstere benutzen, so ist die Anlage von Regeneratoren erforderlich um die gleichmässige Temperatur zu erzielen, ohne welche der Process unausführbar ist. Diese Einrichtung macht die Anlage complicirter und ist daher bisher nur selten zur Anwendung gelangt.

Hochofengase empfehlen sich durchaus nicht. Der Process hat so wenig Zusammenhang mit dem Hochofenprocesse, dass eine Vereinigung auf einem gänzlichen Verkennen der ersten Grundlagen eines rationellen Hüttenbetriebes beruht [2]).

Praktisch macht die Benutzung der Hochofengase keine Schwierigkeit, wie die Ausführung zu Friedrichsthal in Württemberg lehrte, wo sie bei einem einkistigen Ofen durchgeführt war. Die Gase gingen, nachdem sie unter Luftzuführung entzündet waren, an einer Seite der Kiste aufwärts, dann durch den gewölbten Raum und an der anderen Seite abwärts, unter die Sohle der Kiste und endlich zur Esse [3]).

---

[1]) Eine Abbildung dieser Construction findet sich in dem Aufsatze von Tunner, Oesterr. Jahrb. 1854. — [2]) Vergl. Abtheil. II, S. 330. — [3]) Polytechn. Journ. Bd. 146, S. 284.

Ausführung des Processes.

Nachdem die Kisten sorgfältig nachgesehen, etwa entstandene Risse verschmiert und auf die Sohle eine schwache Schicht von trockenem Sand oder Thon ausgebreitet ist, welcher bei der nächsten Hitze in etwa von neuem entstehende Risse hineinrieseln und den Luftzutritt abschliessen soll, wird eine circa 60 mm starke Holzkohlenschicht gegeben.

Die Kohlenstücke sollen eine bestimmte Grösse haben und werden daher doppelt gesiebt, so dass nur solche von 6·5 bis 19·6 mm Durchmesser zurückbleiben. Der frischen Kohle wird jedesmal $^1/_2$ selten weniger, bis herab zu $^1/_4$, bereits gebrauchter Kohle zugemengt. Die Kohle giebt beim Cementiren in Folge des Zerspringens eine Menge Staub und dieser muss ebenfalls zuvörderst abgesiebt werden. Vielleicht ist dieser praktische Grund maassgebender für die Nothwendigkeit neue Kohlen anzuwenden, als alle jenen oben erörterten Theorien. Uebrigens geben allerdings auch die englischen Arbeiter zu, dass ganz frische Kohle zu stark (*too finely*) einwirke und dass daher, wenn die Anwendung nicht zu umgehen ist, der Ofen in niedriger Temperatur gehalten, folglich auch der Process verlängert werden müsse. Eigenthümlich und vielleicht gerade durch das Zurückbleiben der Aschenbestandtheile der verzehrten Kohle erklärlich ist der jedesmal mit der alten Kohle nach dem Absieben vorgenommene Waschprocess, nach welchem erst die wieder getrocknete Kohle mit der frischen gemengt wird. Man zieht Laubholzkohle der Nadelholzkohle vor, obgleich beide Arten gebraucht werden [1]).

Die Frage, warum Laubholz- und namentlich Eichenkohlen besser als Nadelholzkohlen wirken, ist wohl hauptsächlich auf die grössere Dichte zurückzuführen. Dass der höhere Gehalt an kohlenden Gasen oder an Kalium in der Asche einen wesentlichen Einfluss haben solle, ist nach dem oben Gesagten nicht wahrscheinlich.

Die Cementkohle wird vor der Anwendung ganz schwach befeuchtet, um das Stauben zu verhüten. Häufig setzt man dem Wasser dabei etwas Chlornatrium, kohlensaures Kali, oder Natron, oder Holzasche bei, ohne dass dadurch etwa ein besserer Erfolg erzielt würde. Vielleicht wirken diese Substanzen einem Verstäuben der zurückbleibenden Aschentheile durch Sinterung mit denselben entgegen.

Auf die unterste Holzkohlenschicht kommen die Eisenstäbe, deren gewöhnliche Dimensionen 78 mm Breite bei 19·6 mm Stärke sind [2]), während ihre Länge ungefähr der der Kiste entspricht, wegen der Ausdehnung in

[1]) In Schweden wird besonders Birke, in England Eiche, in Westfalen Buche, in Steyermark Tanne benutzt. — [2]) Die Breite schwankt zwischen 60 und 140, die Stärke zwischen 8 und 20 mm.

der Wärme aber etwas dagegen zurückbleiben muss. Die Stäbe werden flach gelegt und dürfen sich nicht berühren, obwohl sie im übrigen möglichst nahe an einander gebracht werden.

Das Eisen muss möglichst schlackenfrei sein, im übrigen bedingen seine Beimengungen an Phosphor, Schwefel etc. die Qualität des Stahls. Man zieht das bei Holzkohle im Herde gefrischte dem gepuddelten, und das gehämmerte dem gewalzten vor, lediglich wegen der grösseren Reinheit von Schlacke.

Auf die Eisenschicht kommt unter sorgfältiger Füllung der Zwischenräume wieder eine Lage Holzkohle von circa 13 mm Stärke und nun wechseln derartige Schichten ab, bis den Schluss der Füllung eine starke Holzkohlenschicht macht, die noch überdeckt wird mit einer Lage Stahlschleifstaub (*wheelswarf*). Dieser beim Schleifen der Stahlwaaren entstehende Staub besteht aus dem Abrieb der Schleifsteine, d. h. Kieselsäure, und Stahlpartikelchen, welche zum Theil, da sie glühend werden, in Berührung mit der Luft oxydirt worden sind. Das Gemisch giebt beim Erhitzen eine kieselsäurereiche Schlacke, welche sintert ohne zu schmelzen und welche die Eigenthümlichkeit besitzt, wie ein Kautschukventil, die Gase aus kleinen sich bildenden Kratern hinaus, die atmosphärische Luft aber nicht hineinzulassen.

Es giebt kein gleich vortreffliches Ersatzmittel für den Schleifstaub, obwohl man mancherlei Substanzen ausprobirt hat.

In Sheffield wendet man z. B. auch das Pulver des Kohlensandsteins (Ganister[1]) an, welches als Chausseestaub gewonnen wird und von dem Abrieb der Hufeisen und Radreifen wohl auch etwas eisenhaltig sein mag.

Angefeuchtetes Thonmehl vertritt ebenfalls zuweilen die Stelle des Schleifstaubs, namentlich in Schweden. Es muss ziemlich fest eingestampft werden. Empfehlenswerth ist es immerhin, bei Anwendung irgend eines dieser Materialien zuvörderst eine feuchte, gut eingepresste Decke zu geben und diese mit trockenem Pulver zu überstreuen, welches letztere, in alle Risse der trocknenden Masse einrieselnd, den Luftzutritt abhält ohne das Entweichen von Gasen aus dem Innern ganz zu verhindern. In Westfalen pflastert man zuweilen zuvörderst mit Ziegeln auf der obersten Kohlenschicht und häuft darauf losen Quarzsand.

Aus jeder Kiste lässt man einen oder zwei der Stäbe in der obersten Reihe durch die Probeöffnungen (*k*, Fig. 163) etwas herausragen, verschmiert aber den bleibenden Zwischenraum sorgfältig.

Nach dem Besatz der Kisten werden die Zugangsöffnungen zu dem überwölbten Raume (*d*) vermauert und sorgfältig verschmiert, so dass keine Luft eindringen kann, und darauf beginnt die Feuerung.

In England benutzt man als Feuerungsmaterial stets eine nicht backende und keine fliessende Schlacke gebende Steinkohle, in Oesterreich auch Braunkohle, in Schweden Holz oder Torf. Die ältesten Cemen-

---

[1]) Vergl. S. 346.

tiröfen in England scheint man mit Holzkohle gefeuert zu haben, an deren Stelle dann bald Holz trat [1]). Von der Anwendung der Generator- oder Hochofengase ist bereits oben die Rede gewesen.

Die Wartung der Feuerung bedarf grosser Sorgfalt, um einen unerwünschten Wechsel der Temperaturen zu vermeiden. Man heizt langsam, etwa 24 Stunden hindurch, an, dann muss die Kupferschmelzhitze [2]) erreicht sein.

Die Kohlung, während welcher dieser Temperaturgrad möglichst gleichförmig erhalten werden muss, dauert nun 7 bis 10 Tage. Für Federstahl, welcher direct verarbeitet werden soll, nimmt man 7, für Gärbstahl, welcher durch Schweissung weiter behandelt werden soll, 8, für Stahl, der durch Umschmelzen in Gussstahl verwandelt werden soll, 9 bis 10 Tage. Gegen Ende des Processes zieht man eine der Probestangen heraus, schliesst das Loch sorgfältig durch einen Thonpfropfen und untersucht den Bruch des Probestabs im ungehärteten und gehärteten Zustande, beurtheilt darnach, auch wohl nach einer Kohlenstoffprobe den Kohlungsgrad und geht je nach Bedürfniss noch eine Zeitlang weiter mit der Kohlung, oder man schliesst den Process ab und lässt den Ofen abkühlen, was 3 bis 4 Tage in Anspruch nimmt, worauf die Zugänge geöffnet werden und ein Mann in den noch immer sehr warmen Ofen kriecht, um die Kisten zu entleeren.

Die Stangen werden dann sofort zerbrochen, um nach der Beschaffenheit des Bruchs sortirt zu werden.

Beschaffenheit des Productes.

Die Stäbe sind vor und nach dem Einsatz nicht nur in ihrer Zusammensetzung, sondern auch in ihrem Aussehen wesentlich verschieden. Sie zeigen zuvörderst, wenn sie vorher noch so glatt waren, nachher jene bereits oben besprochenen Blasen. Dieselben haben die Grösse von einem Hirsekorn bis zu einer Nuss. Je kleiner und gleichmässiger vertheilt diese Blasen auftreten, um so besser ist der Stahl. Lange (bis 3 cm) Blasen sind stets der Beweis eines schlackenreichen, ungleichmässig vertheilte Blasen der eines ungleichförmigen Eisens. Je härter, d. h. kohlenstoffreicher der Stahl ausfällt, um so mehr Blasen pflegt er unter gleichen Umständen zu haben.

Der Stahl hat gegen das Materialeisen eine Gewichtszunahme von 0·5 bis 0·75 Proc. erlitten. Während das eingesetzte Eisen zähe und biegsam war, ist der Cementstahl spröde und lässt sich leicht zerbrechen. Während der Bruch des ersteren glänzend, krystallinisch (wie alles Herdfrischeisen) und von der bläulichen Eisenfarbe war, zeigt der letztere

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 488. — [2]) 1000 bis 1200° C. (vergl. Bd. I der Metallurgie, S. 243), welches einer hellen Gildglühhitze (Orangeglühhitze), noch keiner Weissglut entspricht.

einen matten, mehr blättrigen, obwohl nach innen krystallinischen Bruch von gelblicherer Farbe.

Eisenstäbe, welche zu früh herausgezogen werden, zeigen zwar eine kohlenstoffreichere Rinde von der zuletzt angegebenen Beschaffenheit, aber noch einen Eisenkern.

Karsten [1]) beschreibt die allmäligen Veränderungen des Bruches sehr richtig folgendermaassen: „Der zackige Bruch macht einem blättrigen Gefüge Platz. Zuerst erscheinen diese Blättchen mit einer weissen Farbe, so dass das Eisen das Ansehen eines sehr schlechten kaltbrüchigen Eisens haben würde, wenn es sich von diesem nicht durch die grössere Gleichheit und die regelmässigere Stellung der Blättchen gegen einander unterschiede. Beim Fortgange des Processes nehmen diese Blättchen immer an Grösse ab, verlieren aber in demselben Verhältniss ihre weisse Farbe und bekommen ein immer dunkler gefärbtes Ansehen. Zuletzt werden sie so klein, dass sie dem unbewaffneten Auge als Körner erscheinen. Ist die graue Farbe erst wenig gesättigt, so zeigt sie einen sehr weichen Stahl an, mit dem zunehmenden Dunkelwerden der Farbe erlangt der Stahl eine immer grössere Härte, und wenn die Körner endlich ein sehr dunkles und sehr feines Ansehen erhalten, so dass man die dunkeln Körnchen nicht mehr unterscheiden kann, sondern die Masse sich in einem fest geschlossenen Zustande darstellt, so wird der Stahl so mild, dass er sich kaum noch schweissen lässt.“

Eigenthümlich ist die entschiedene Kohlenstoffausscheidung in grafitischer Form, welche lebhaft an die Erscheinung im Anfange des Processes bei der Darstellung schmiedbaren Gusseisens erinnert.

Rinmann [2]) zeigte, dass der Kohlenstoff im Eisen in drei Modificationen vorkomme, welche sich bei der Lösung in Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure auch unter drei verschiedenen Gestalten abscheiden, nämlich als Grafit (aus Roheisen), als Kohleneisen (aus ungehärtetem Roheisen und Stahl), als Kohlenwasserstoff (aus gehärtetem Roheisen und Stahl). Alle drei treten zusammen in ungehärtetem Roheisen auf, die beiden letzteren sowohl im Stahl wie im Roheisen. Rinmann bezeichnet den aus ungehärtetem Stahl sich abscheidenden Kohlenstoff als Cementkohle, den aus gehärtetem Stahl entweichenden als Härtungskohle. Er trennt sie auch durch die Art der Lösung, wenn sie zusammen vorkommen. Durch schnelle Lösung des Eisens in hoher Wärme erhält man Grafit, durch langsame Lösung Grafit und Cementkohle, durch Jod Cement- und Härtungskohle.

In ungehärtetem gerecktem Cementstahl fand Rinmann:

0·52 Proc. Härtungskohle,
0·90 „ Cementstahl,
0·30 „ Grafit,

[1]) Eisenhüttenkunde IV, S. 482. — [2]) Dingl. polytechn. Journ. Bd. 185, S. 134, aus Akad. Fört. 22, No. 6, p. 443.

in einem ungehärteten:

1·48 Proc. Härtungskohle,
0·02 „ Grafit.

Es wird auf dieses Verhalten des Kohlenstoffs beim Härten des Stahls zurückgekommen werden.

Einige Analysen von Cementstahl haben ergeben:

		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kohlenstoff	amorph	0·416	1·87	0·627	1·20	1·24	1·48
	grafitisch	0·080		0·105	0·30	0·30	0·02
Silicium		—	0·10	0·030	—	—	—
Phosphor		—	—	—	—	—	—
Schwefel		—	—	0·005	—	—	—
Mangan		—	—	0·120	—	—	—
Stickstoff		—	—	—	0·016	—	0·016

No. 1. ist weicher Elberfelder Cementstahl nach Bromeis [1]),
No. 2. und 3. sind englische Cementstahlsorten,
ungehärtet ausgeschmiedet und kalt gehämmert [2]),
No. 4. desgl.
No. 5. desgl. ungehärtet ausgeschmiedet,
No. 6. desgl. gehärtet [3]).

Ergebnisse und Beispiele.

An Holzkohle zur Cementirung werden im Durchschnitt auf 100 Kg Schmiedeisen 2,7 Kg verbraucht, an Feuerungsmaterial 75 bis 80 Kg Steinkohle, 150 bis 300 Kg Braunkohle oder Torf, 300 bis 325 Kg Holz.

Die Kosten der Darstellung des Cementstahls vertheilen sich nach einer Angabe Kerpely's [4]) auf 1000 Kg Schmiedeisen wie folgt:

Heizsteinkohle	10	Rmk.
Arbeitslohn	6	„
Holzkohle	3	„
Zinsen des Anlagecapitals	1	„
Reparatur der Kisten	1	„
Werkzeuge, Beleuchtung	1	„
Generalkosten	3	„
Zusammen	25	Rmk.

Sheffield. Ausführlich berichtet Kerpely unter Benutzung eines von Seeborn in Sheffield gehaltenen Vortrags über die Cementstahlbereitung in England [5]), aus welchem hier nur einige Daten entnommen sind.

---

[1]) Liebig u. Wöhler's Ann. Bd. 43, S. 244. — [2]) Kerl, Grundriss der Hüttenkunde III, S. 398. — [3]) Dingl. polytechn. Journ. Bd. CLXXXV, S. 134. — [4]) Kerpely, Fortschritte, 8 bis 10, S. 699. — [5]) Fortschritte 8 bis 10, S. 693.

Man benutzt schwedisches und englisches Schmiedeisen, letzteres nur für geringere Stahlsorten. Auch unter dem schwedischen Schmiedeisen giebt es sehr verschiedene Varietäten, unter denen das Dannemoraeisen den höchsten Ruf besitzt. Man unterscheidet im Producte:

1. Federstahl (*Spring heat*) mit $^1/_2$ Proc. Kohlenstoff; die Umwandlung in Stahl ist nur auf der äusseren Rinde deutlich wahrnehmbar, die Härte wenig von Schmiedeisen verschieden.

2. Handelsstahl (*Country heat*) mit $^5/_8$ Proc. Kohlenstoff, ohne rohen Kern, hauptsächlich zu Gärbstahl benutzt.

3. Schweissstahl (*Single shear heat*) mit $^3/_4$ Proc. Kohlenstoff, giebt umgeschmolzen schon ein schwer schweissbares Product.

4. Doppelschweissstahl (*Double shear heat*) mit 1 Proc. Kohlenstoff ganz gleichförmig gekohlt.

5. Werkzeugstahl (*Steel through heat*) mit $1^1/_4$ Proc. Kohlenstoff.

6. Feilenstahl (*Melting heat*) mit $1^1/_2$ Proc. Kohlenstoff, im Bruche blättrig.

Der Cementstahl wird sorgfältig sortirt. Verworfen werden:

1. Stäbe, welche statt gleichmässigen Uebergangs scharfe Linien für verschiedene Kohlungsstufen zeigen, eine Eigenschaft, welche der Engländer *flushed* nennt. Solche Stäbe sind zu schnell cementirt und geben im Gussstahl und Gärbstahl Längsrisse.

2. Verbrannte (*aired*) Stäbe, welche durch Zutritt der Luft oxydirt wurden und sich durch rothe Oberfläche kenntlich machen.

3. Glasirte (*glazed*) Stäbe sind das Product übertriebener Feuerung.

Vorsicht muss bei zweifach cementirten Stäben angewendet werden, da ihr Bruchaussehen nicht immer dem wahren Kohlenstoffgehalte entspricht.

Cementirmittel ausser Holzkohle.

Es giebt eine grosse Menge von Vorschlägen, das Cementiren durch Zusatz anderer Stoffe als Holzkohle zu bewirken oder zu befördern, von denen nur einige mitgetheilt werden sollen.

Feste Stoffe. Am meisten sind zur Beförderung der Cementation Cyanverbindungen empfohlen, wie Cyankalium, Blutlaugensalz, oder Zuschläge, welche diese Salze bilden, als Alkalien oder alkalische Erden in Form von kohlensaurem Kali oder Natron und kohlensaurem Baryt, welche mit dem Kohlenstoff der Holzkohle und dem Stickstoff der Luft sich in Cyankalium, Cyannatrium und Cyanbarium umwandeln sollen, ferner organische stickstoff- und kohlenstoffhaltige Substanzen, z. B. von Holland [1]) Seidenabfälle und Coconreste sammt Puppen, welche getrocknet und dann gemahlen werden sollen, von Boullet [2]) Zucker, Hornspäne, animalisches Fett, Blut, Pech [3]) etc.

---

[1]) John Holland A. D. 1849, Juli 18, No. 12705. — [2]) A. D. 1854, Oct. 11, No. 2174. — [3]) Letzteres nach Payne in Pulverform.

Réaumur war zu dem Resultate gelangt, dass ein Gemenge aus 2 Theilen Russ, 1 Theil Kohlenstaub, 1 Theil Asche und $^1/_2$ bis $^3/_4$ Theile Kochsalz das beste Cementirmittel sei und dass nächstdem Grafit mit dem besten Erfolge angewendet werde [1]). Dass Salz und Asche keinen anderen Zweck habe, als das Verstäuben der Holzkohle zu verhindern, ist, wie bereits oben erläutert, anzunehmen, obwohl Karsten und Andere glaubten, dass auch eine weitere Einwirkung dadurch erzielt werde, dass eine Oxydhaut der Stäbe zuvörderst durch das Kochsalz fortgebeizt werde.

Karsten führt noch Borax, Alaun, Essig, Wein als Zusätze an, die, wenn sie nicht gar nachtheilig auf das Eisen wirken, jedenfalls ohne Nutzen sind.

Gase. Nicht unrationell ist der Vorschlag, kohlenstoffhaltige Gasarten, namentlich Leuchtgas, zu benutzen. Schon 1825 nahm Charles Macintosh ein Patent auf die Cementation des Eisens bei Weissglut durch Kohlenwasserstoff [2]) und 1824 wiederholte Professor Bismara zu Cremona dasselbe Verfahren [3]). Obwohl der Process in chemischer Beziehung leicht ausführbar ist, scheiterte er doch an praktischen Schwierigkeiten. Es ist nämlich nicht wohl möglich, ganz luftdichte Gefässe herzustellen, innerhalb derer das doch immer unter Pressung stehende Leuchtgas auf das Eisen einwirken kann, und sobald Luft zutritt, verbrennt das Leuchtgas und eine Zerstörung der Kisten ist unvermeidlich. Wenn man, wie Bismara vorschlug, das Eisen etwa in Gasretorten einlegen will, so ist das kein für die grosse Praxis geeignetes Verfahren. Zudem ist Leuchtgas ein viel zu werthvolles Product, um es an Stelle der billigen Holzkohle setzen zu können.

Oberflächenhärtung.

Die Oberflächenhärtung ist eine Cementation, welche nur auf Theile fertig bearbeiteter Gegenstände übertragen wird. Bei kleineren Gegenständen, welche bei diesem Processe in Gefässen enthalten sind, nennt man das Verfahren auch Einsatzhärtung oder Einsetzen.

a. Oberflächencementation grösserer Gegenstände.

Ehe man die ganz stählernen Eisenbahnschienen anzufertigen verstand, pflegte man Eisen für den Fuss, Stahl für den Kopf zu benutzen und beide Eisenarten durch Schweissung zu vereinigen. Diese Schweissung machte oft bedeutende Schwierigkeiten und Unvollkommenheiten

---

[1]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 495. — [2]) A. D. 1825, May 14, No. 5173. — [3]) Prechtl, Encycl. 15, S. 68.

derselben führten zu Unglücksfällen auf Eisenbahnen. Man zog daher oft ganz schmiedeiserne Schienen, auf deren Schweissung man sich unbedingt verlassen konnte, vor. Um nun indessen solchen Schienen einen der Abnutzung mehr widerstehenden Kopf zu geben, versah man diesen Theil mit einem Stahlüberzug. Das hierbei angewendete Verfahren scheint 1863 zuerst auf der Phönixhütte zu Laar bei Ruhrort in Benutzung gekommen zu sein.

Die Schienen werden in eine grosse Cementirkiste eingesetzt, welche übrigens direct als Herd eines Flammofens oben offen sein und so von der Flamme von oben geheizt werden kann. Sie werden so eingepackt, dass der zu cementirende Kopf in eine Kohlenschicht kommt, der weichbleibende Fuss in einer Schicht von trockenem gemahlenem Thonpulver liegt. Wendet man verdeckte Kisten nach Art der Cementiröfen an, so kann, was jedenfalls vorzuziehen ist, die Schiene mit dem Fuss nach oben liegen. Man verminderte so den Einfluss kohlender Gase auf den nicht zu cementirenden Theil. Hat man offene Herde, so ist diese Anordnung nicht möglich, da die Kohle verbrennen würde. Man muss also die Kohlenschicht nach unten, den Fuss nach oben legen. Statt Thon, Sand zu wählen, ist nicht zu empfehlen, da bei dem geringsten Luftzutritt Schlackenbildung an den damit eingepackten Theilen stattfindet.

Eisenbahnradreifen, welche auf gleiche Weise behandelt werden sollen, packt man, um an Material zu sparen, in ringförmige Kästen. Dieselben stehen in Oefen mit kreisförmigen Roste. Die Flammen werden um den Cementirkasten geführt und vereinigen sich dann in einer central darüber liegenden Esse.

b. Einsatzhärtung (*case hardening*).

Kleinere Gegenstände, meist bearbeitete Werkzeuge, welche an einzelnen Stellen, z. B. an den Schneiden, in Stahl umgewandelt werden sollen, werden in Blechkästen mit Holzkohle eingesetzt, nachdem die nicht zu härtenden Theile mit Thonschlamm überstrichen und getrocknet sind.

Statt der Holzkohle wendet man thierische Kohlen (namentlich Knochenkohle, Lederkohle, Hornkohle, Klauen- und Hufenkohle) an, setzt auch wohl Blutlaugensalz hinzu.

Das Erhitzen geschieht der Regel nach in kleinen Koks- oder Holzkohlenfeuern und die fertig cementirten Gegenstände werden noch heiss herausgenommen und sofort gehärtet.

Diese Methode wird besonders für solche Gegenstände angewendet, bei denen nur an einer politurfähigen Oberfläche gelegen ist, wie Knöpfe, Kettenglieder u. s. w. — Gegenstände, welche schneiden sollen und daher eines wiederholten Anschliffs bedürfen, werden natürlich, wenn sie auf diese Weise verstählt sind, sehr schnell unbrauchbar.

Der Engländer Dodd[1]) construirte einen für Einsatzhärtung bestimmten Cementirofen, in welchem fünf Kisten der Quere nach, d. h. rechtwinklig zur Feuerung angeordnet waren, und hoffte dadurch den Vortheil eines ziemlich continuirlichen Betriebes zu erlangen, da die Enden der Retorten von aussen zugänglich sind, und so ein Füllen und Entleeren ohne Unterbrechung der Feuerung möglich ist. Die Temperaturdifferenzen, welche indessen hierbei entstehen, scheinen so grosse praktische Hindernisse zu bieten, dass der Ofen keinen Eingang gefunden hat. Im übrigen nahm Dodd eine ganze Menge von höchst überflüssigen Zusatzpulvern zur Holzkohle als seine Erfindung in Anspruch, wie Soda, Potasche, Holzasche und überhaupt alkalische Substanzen, kohlensauren und doppelt kohlensauren Kalk und dergleichen mehr.

Nach Rinmann soll ein Cementirpulver aus 4 Theilen gepulverter Birkenkohle, 3 Theilen Russ und 1 Theil verkohltem Leder am besten anwendbar sein [2]).

Bei stählernen Feilen und Raspeln vermehrt man oft die natürliche Härte, in der sie den Hieb erhalten, durch Oberflächenhärtung [3]). Man lässt sie in reinem Kohlenfeuer braunroth werden, reibt sie dann schnell mit Horn ab, glüht sie noch einmal bis zur lichtrothen Glühhitze zwischen Kohlen und taucht sie dann schnell in kaltes Wasser. Auch überzieht man sie kalt mit einem Brei aus verkohltem Leder und ebensoviel Russ mit Bierhefen oder aus verkohltem Leder, Russ und Milch, trocknet den Ueberzug schnell und glüht in reinem Kohlenfeuer bis zur hellrothen Glühhitze, worauf das Ablöschen in kaltem Wasser erfolgt.

Auch hier werden Zusätze von Kochsalz, Salmiak etc. benutzt, welche Salze sicherlich nur als Auflockerungsmittel dienen und verhindern, dass die sehr feine Kohle sich zu dicht anlege und als schlechter Wärmeleiter eine gleichmässige Erhitzung störe.

Blutlaugensalz, welches gepulvert auf das rothglühende Eisen gestreut wird, wirkt viel schwächer.

Noch unvollkommener wird derselbe Zweck durch Eintauchen in flüssiges Roheisen erreicht, oder durch Ueberstreichen des schweissarmen Schmiedeisenstückes mit möglichst heiss gemachten Roheisenstücken.

Nach Karmarsch [4]) steckt man das erhitzte Schmiedeisenstück auch wohl in einen Haufen Feilspäne von grauem Gusseisen und dreht es einige Zeit lang darin herum.

Einsatzhärtung durch andere Stoffe als Kohlenstoff.

In der Abtheil. I, S. 64 u. f. und S. 95 u. f. sind Beispiele davon angeführt, dass auch auf andere Weise als durch Kohlenstoffzuführung

---

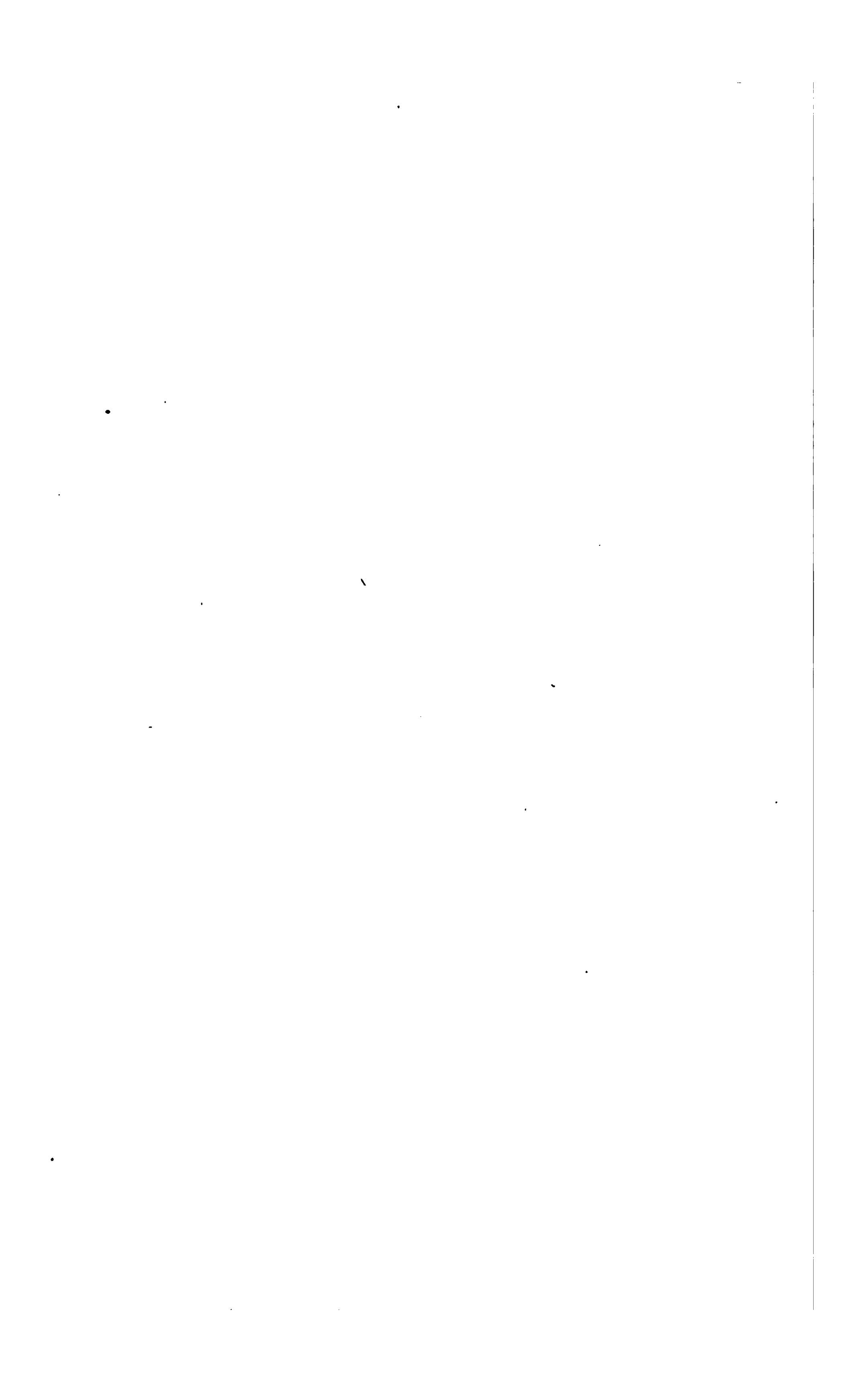
[1]) Cf. Specific. 1853, No. 571 und 1530. — [2]) Karsten, Eisenhüttenkunde IV, S. 506. — [3]) Loc. cit. — [4]) Technologie I, S. 30.

eine Oberflächenhärtung erzielt werden kann; erstens durch einen Strom von Ammoniak und andere stickstoffhaltige Körper unter Bildung von Stickstoffeisen, ein Vorgang, welcher allerdings auf die Möglichkeit doppelter Wirksamkeit stickstoff- und kohlenstoffhaltiger organischer Substanzen hinweist. Dasselbe kann zweitens durch Arsenik erreicht werden. In der That werden Feilen etc. vor dem Härten oft mit einem Teige aus stickstoffhaltigen organischen Substanzen, wie Leder, Horn u. s. w., oder einer Lösung von arseniger Säure in Chlorwasserstoffsäure oder einem Gemisch beider zugleich überstrichen. Auch Phosphor bringt bekanntlich eine grössere Härte hervor und es ist leicht eine harte Haut auf Eisen zu erzeugen, wenn man dasselbe Phosphordämpfen aussetzt.

Aber alle diese Methoden führen zu sehr spröden Verbindungen und ersetzen daher selbst dann, wenn sie billiger wären oder sind, keineswegs das Härten durch Kohlenstoff.

DRITTER ABSCHNITT.

DAS ZÄNGEN UND DICHTEN.



Das schmiedbare Eisen, welches durch irgend eine der in den vorhergehenden beiden Kapiteln beschriebenen Oxydations- oder Kohlungsarbeiten erhalten ist, besitzt niemals eine Beschaffenheit, in welcher es vom Fabrikanten direct zur Darstellung von Gebrauchsgegenständen verwendet werden könnte. In den Fällen, in welchen das Eisen im teigigen Zustande erhalten wurde, also beim Herdfrischen und beim Puddeln, ist es, wenn es aus dem Frischofen kommt, ein inniges Gemenge von Eisenkrystallen und Schlacke und zwar ist beim Puddeln der Schlackenreichthum am grössten. In diesen Fällen kann die Schlacke, ehe sie erstarrt, durch hinreichenden Druck zu einem sehr grossen Theil zwischen den Krystallen herausgepresst werden, welche dann ihrerseits aneinanderschweissend eine mehr oder weniger homogene und compacte Eisenmasse bilden. Diese Arbeit nennt man das Zängen.

In den Fällen, in denen dagegen das schmiedbare Eisen im flüssigen Aggregatzustande erhalten wird, also beim Bessemern und allen Flussstahlprocessen, ist es, wenn auch nicht vollkommen, so doch ziemlich schlackenfrei, besitzt aber in Folge eines selbst noch bei oder nach dem Giessen fortdauernden Oxydationsprocesses, durch welchen Gase entwickelt werden, eine Menge von Hohlräumen oder Blasen. Auch solche müssen zerstört werden und dies geschieht ebenfalls durch Druck. Die dazu nöthige Arbeit heisst das Dichten.

Die Werkzeuge, mit denen sowohl das Zängen als das Dichten geschieht, sind stets mechanisch bewegt und eine Handarbeit durch Hämmern geht nur in unbedeutendem Maasse bei den Herdfrischprocessen voraus. In jedem Falle wird die Arbeit durch Druck verrichtet, aber entweder wird dieser Druck plötzlich als Schlag, oder allmälig als Pressung ausgeübt. Für den ersten Zweck dienen Hämmer, für den zweiten Quetschwerke, welche, wenn sie aus zwei in entgegengesetzter Richtung rotirenden Cylindern bestehen, insonderheit Walzwerke genannt werden.

Nun werden zwar die Quetschen lediglich zum Zängen und Dichten angewendet, die Hämmer dagegen zum grossen Theile, und die Walzen nur bei einer Nacharbeit, d. h. es macht ein Eisenstück den Zängeprocess zuvörderst unter dem Hammer oder unter der Quetsche durch

und geht dann unter die Walzen, welche neben dem Zwecke den Zängeprocess zu vollenden, gleichzeitig den haben, dem Eisen eine bestimmte Form zu ertheilen. Es unterscheiden sich aber die Hämmer zum Zängen und Dichten nicht von denen, welche zur Schweissung fertigen Eisens und zur Formgebung allein dienen, ebenso wie sich die Walzwerke nur in gewissen geringfügigen Beziehungen in zwei entsprechende Gruppen trennen lassen.

Aus diesem Grunde hat es der Verfasser vorgezogen, von dem Plane, welchen er in seinen Vorlesungen, daher auch in seinem Grundrisse der Eisenhüttenkunde [1]) verfolgt hat, abzugehen, in dem vorliegenden Abschnitte nur die Arbeiten des Zängens und Dichtens ohne Beschreibung der dabei angewendeten Apparate zu besprechen und letztere insgesammt erst im zweiten Theile des vierten Abschnittes zu behandeln.

1. Bearbeitung des teigigen Eisens.

Beschaffenheit des Eisens.

Das aus dem Herdfrisch- und dem Puddel-Processe hervorgehende Eisen ist ein Gemenge von Eisenkrystallen und Schlacke. Die Eisenkrystalle sind meist vollkommen ausgebildet, oft ziemlich scharf umgrenzt, stets dem regulären Syste mangehörig. Die Grösse der Krystalle richtet sich nach der chemischen Zusammensetzung des Eisens, hauptsächlich nach dem Kohlenstoffgehalte [2]), mit dem sie bis zu einer Höhe von circa 2 Proc. steigt.

Ebenso wirkt Phosphor auf die Bildung grösserer Krystalle, dagegen Mangan, Silicium, Arsen, Zinn, Wolfram, Titan, Chrom auf kleinere Krystalle. Bei gleicher chemischer Zusammensetzung hat die Temperatur Einfluss auf die Krystallgrösse, indem, wie überall, mit schneller Abkühlung die Ausbildung der Krystalle gehemmt wird. Messungen von Krystallen sind noch nicht veranstaltet, und so sind Zahlen auch nicht anzugeben.

Die Schlacke ist stets als eine Garschlacke, d. h. ein oxydoxydulreiches Eisensingulosilicat, vorhanden, welches vom beinahe reinen Singulosilicat alle Abstufungen bis zum Hammerschlag oder dem einfachen Oxydoxydule zeigen kann.

So ist z. B. die bereits Seite 109 angeführte beim Zängen eines Herdfrischdeuls gefallene Schlacke zusammengesetzt aus:

Kieselsäure	3·10
Thonerde	0·73
Eisen [3])	71·62
Manganoxydul	0·41
Kalk	0·23

[1]) Berlin 1871. — [2]) Vergl. S. 2. — [3]) Ohne Angabe der Oxydationsstufe.

woraus **Rammelsberg** 8·30 Proc. Eisensingulosilicat mit dem Rest von Eisenoxydoxydul berechnet hat [1]).

Verhalten bei der Bearbeitung.

Die Schlacke hat einen weit geringeren Schmelzpunkt als die Eisenkrystalle und bleibt daher während der Bearbeitung flüssig, lässt sich aus den Zwischenräumen der Eisenkrystalle herausdrücken und hinterlässt wegen ihrer Lösungsfähigkeit für Eisenoxydoxydul metallisch reine Oberflächen, welche, wenn sie weissglühend sind, bei der Berührung und unter Einfluss des Druckes zu compacten Eisenmassen zusammenschweissen.

Während die Schlacke vor der Bearbeitung nur noch geringen Einfluss auf das Eisen ausübte, wächst dieser Einfluss wieder bei der innigen Berührung, in welche beide während der Bearbeitung kommen. Die Folge ist eine lebhaft fortschreitende Entkohlung, welche sich leicht an den aus der Eisenmasse heraustretenden blauen Kohlenoxydgasflammen erkennen lässt.

Je mehr eine solche Entkohlung vermieden werden soll, um so mehr muss Beschleunigung der Arbeit angestrebt werden. Daher muss Stahl möglichst schnell gezängt werden.

Zängearbeit.

Das Zängen geschieht bei den aus dem **Herdfrischen** erhaltenen *Deulen* fast stets unter dem Hammer. Der Deul wird, nachdem er aus dem Feuer gehoben ist, mit schweren Handhämmern beklopft, um anhaftende Schlackenkrusten zu entfernen und andererseits lose Eisentheile anzuschweissen. Darauf gelangt er unter den Zängehammer, unter welchem er, zuvörderst die Oberseite nach unten gekehrt, nach und nach von allen Seiten mit immer kräftigeren Schlägen bearbeitet wird, bis so viel Schlacke als möglich herausgetrieben ist; dann hämmert man ihn zu einem flachen Kuchen aus und zertheilt (**schrotet**) diesen mittelst eines Setzeisens in mehrere Stücke, deren jedes dem Gewichte eines oder zweier daraus darzustellender Stäbe oder Bleche entspricht. Diese Stücke (**Schirbel** [2]) werden dann bei der Dreimalschmelzerei mit dem nächsten Einschmelzen des Roheisens im Frischfeuer selbst, sonst in einem besonderen Feuer von neuem erhitzt und dann weiter bearbeitet.

Aus dem Aeusseren des Deuls lässt sich schon recht gut auf die Qualität schliessen. Eine gute Form deutet auf einen normalen Verlauf des Frischprocesses. Auf der Oberseite muss er glatt sein, darf höchstens da, wo

---

[1]) Das Oxydoxydul von der Zusammensetzung $Fe_9 O_{10}$ oder 7 (Fe O), $Fe_2 O_3$. Chem. Metallurgie S. 170 u. 178. — [2]) Von **Scherben** abgeleitet; auch Massel, welches Wort wohl ein kleines Stück der ganzen Masse bedeutet. Beim Stahlschrei (Cotta) heissen die **Stücke** auch wohl Deule (Theile).

der Wind aufschlug, eine kleine Vertiefung zeigen, muss eine klare lichte Farbe haben und keine Anhängsel von Schlacke oder Auswüchse von Eisen besitzen. Auf der Unterseite ist der Deul rauh und mehr von Schlacke durchdrungen (haarig [1]). Beim Beklopfen des Deuls darf nur etwas Schwal abfallen, während beim eigentlichen Zängen eine ziemliche Menge Schlacke ausgepresst wird. Die Schläge des Hammers, welche zu Anfang fast unhörbar sind, müssen bald klingend werden. Ist letzteres nicht der Fall, so ist der Deul zu weich und schwammig (übergar). Ein Stahlschrei giebt von Anfang an einen helleren (härteren) Klang und wenn dies ein Schmiedeisendeul thut, so liegt das an nicht hinreichender Gare.

Die Luppen aus dem Puddelofen werden zwar meistentheils auch unter Hämmern gezängt, aber auch oft unter Quetschen. Was zuvörderst die Wirksamkeit beider Apparate betrifft, so ist entschieden dem Hammer der Vorzug zu geben. Er gestattet eine gleichförmige Bearbeitung des Eisens von allen Seiten, während die Quetschen dies gar nicht oder nur in beschränktem Maasse zulassen. Die Folge davon ist, dass sich bei der letzten Arbeit sogenannte Schlackenrillen bilden, d. h. langgestreckte, rechtwinklig zur Druckrichtung ausgedehnte Schlackenansammlungen, welche später unganze, d. h. unvollkommen geschweisste Stellen geben. Ferner gestattet der Hammer die Einwirkung eines sehr verschiedenen Druckes auf Eisenstücke jeder Grösse. Es kann daher mit allmäliger Verstärkung des Schlages das Eisen bis zu einem hohen Grade bearbeitet, daher sehr frei von Schlacke hergestellt werden, während bei der Quetsche die Zunahme des Druckes der Regel nach constant und daher verschieden für ungleich starke Eisenstücke ist.

Unter dem Hammer lässt sich in Folge dessen auch die Beschaffenheit eines Eisens besser beurtheilen als unter der Quetsche. Ein nicht gar gepuddeltes, ein schwefelreiches Eisen u. s. w. zerfällt unter dem Hammer, während es unter der Quetsche oft ganz bleibt. Freilich hat der Hammerschmied es ziemlich in der Hand, durch sehr sanfte Schläge das Eisen ganz zu erhalten, und dies noch dazu unter Vernachlässigung des vollkommenen Ausquetschens der Schlacke und der genügenden Schweissung der Eisenkrystalle. Aus diesem Grunde muss man die Interessen der Puddler und der Hammerschmiede nicht durch gemeinschaftliches Gedinge vereinigen.

Endlich wirken die Erschütterungen des Hammers günstiger auf die Beschaffenheit des Eisens als der allmälige Druck der Quetsche und zwar aus zwei Gründen. Erstens werden eingeschlossene, mit Schlacke gefüllte Hohlräume besser zerstört und zweitens wird die Ausbildung der Eisenkrystalle zur Sehne, welche nicht jetzt, sondern erst später erfolgen soll, durch die Erschütterungen gehemmt.

[1]) Vergl. Tunner, Stabeisen- u. Stahlbereitung II, S. 95, welcher die hierhergehörigen Arbeiten sehr vollständig beschreibt.

Das Verfahren beim Zängen der Puddelluppen ist folgendes: Die Puddelluppen werden auf kleine zweirädrige Wagen, welche mit einer flachen Schale versehen sind, zum Zängeapparat gefahren, dann, wenn das Zängen unter dem Hammer erfolgt, mit einer Zange gepackt und unter dem Hammer so lange gedreht und gewendet, bis die Schlacke möglichst heraus ist, hiernach entweder zu einem flachen Kuchen (einer Bramme) oder einem parallelepipedischen Stücke (einem Kolben) ausgehämmert, welches letztere auch noch einige Schläge in der Richtung seiner Längenaxe empfängt (gestaucht) wird.

Zuweilen wird beim Beginn des Zängens ein an einem Ende schweisswarm gemachter Stab (der Schweif) angeschweisst und mittelst dieses das Eisenstück gelenkt.

Geschieht das Zängen unter der Quetsche, so verrichtet diese die Arbeit entweder ohne das Zuthun des Arbeiters oder der letztere behandelt die Luppe ganz wie unter dem Hammer, indem er sie dreht und wendet und den erzeugten Kolben zuletzt staucht. Eine Zertheilung der Puddelluppen findet nur bei den aus dem rotirenden Ofen kommenden statt; der Regel nach giebt man im Puddelofen jeder Luppe sofort ein dem zu fertigenden Eisenstücke entsprechendes Gewicht.

Die Brammen werden meist mit anderem Eisen packetirt, geschweisst und zu Blech oder anderen Eisensorten verarbeitet.

Die Kolben werden dagegen fast immer in derselben Hitze, nachdem sie gezängt sind, zu flachen Stäben, welche man Rohstäbe (Rohschienen) nennt, ausgewalzt, wobei die Zängearbeit vollendet wird. Hierbei werden gleichzeitig die Krystalle, so weit sie vermöge ihres Kohlenstoffgehaltes dazu geeignet sind, in Sehnen umgewandelt (s. S. 2).

Diese Rohschienen werden mindestens an einem Ende angebrochen und nach dem Bruche sortirt. Wo man mehrere Sorten Eisen erzeugt, trennt man gewöhnlich: Puddelstahl, Feinkorn, gemischtes Korn (d. h. Feinkorn und Sehne, aber ersteres überwiegend), gemischte Sehne (d. h. Feinkorn und Sehne, aber letztere überwiegend) und Sehne. Wo phosphorhaltiges Eisen verarbeitet wird, sortirt man nach Grobkorn, Mittelkorn und Feinkorn. Endlich werden als ein dem Puddler zurückzugebender Ausschuss die ungaren oder halbgaren Stücke bezeichnet, welche sich durch ihren matten Bruch kenntlich machen.

Obschon die Rohschienen nur ein Halbfabrikat sind, giebt ihre Festigkeit beim Zerbrechen doch schon ein treffliches Anhalten zur Beurtheilung der Eisenqualität.

Verwerthung der Schlacke.

Die beim Zängen ausgepresste Schlacke, welche beim Herdfrischen Schwal oder Stockweich, beim Puddeln Stockschlacke, Zängeschlacke, Hammerschlacke genannt zu werden pflegt, ist ein vortrefflicher Zusatz für die folgenden Frischprocesse. Nur in dem Falle, in dem aus phos-

phor- und schwefelhaltigem Eisen durch Aussaigern absichtlich noch ein Gehalt an jenen schädlichen Stoffen entfernt werden soll, muss man vorsichtig sein und jedenfalls Analysen anstellen, da man sonst durch stets wiederholten Zusatz eine beständige Verschlechterung des Eisens herbeiführen würde.

2. Bearbeitung des aus dem flüssigen Aggregatzustande erstarrten Eisens.

Das aus dem flüssigen Zustande erstarrte Eisen, wie namentlich die Producte des Bessemerns und der Flussstahlbereitung, sind zwar nicht ganz, aber doch so schlackenfrei, dass durch Hämmern oder Pressen nichts mehr an diesem Zustande verbessert werden kann. Dagegen haben diese Eisensorten nach ihrem Erstarren stets eine grössere oder geringere Menge von Gasen absorbirt, welche Blasenräume bilden. Diese Blasenräume zeigen fast immer eine melonenartig gestreifte Oberfläche. Die Streifen, welche bei der Lage, in der der Guss erfolgte, senkrecht stehen, sind aus dicht aneinandergereihten tropfenförmigen Eisenkörnern gebildet.

Die Blasenoberfläche zeigt entweder ein vollständig metallisches, weisses Ansehen, oder ist mit einer schwachen Oxydhaut überzogen, welche die Lichtstrahlen irisirend bricht. Sehr selten kommen mattrothe, von stärkeren Oxydhäuten, oder grauschwarze, von Kohlenstoffausschwitzung herrührende Färbungen vor.

Die Ursache der Gasentwickelung kann eine zweifache sein. Entweder geht während des Gusses noch in Folge absorbirter Luft oder anderer sauerstoffhaltiger Gasarten der Entkohlungsprocess weiter voran und es bildet sich Kohlenoxyd, welches die Wandungen der Blasenräume, in denen es eingeschlossen ist, vor Oxydation schützt, oder aber es wird beim Gusse von dem Stahlstrahl atmosphärische Luft mitgerissen, welche nun oxydirend auf das Eisen einwirkt und jene Oxydhäutchen bildet. Der Kohlenstoffabsatz kann kaum auf andere Weise erklärt werden, als durch Zersetzung von Kohlenoxyd bei niedriger Temperatur [1]).

Diejenigen Blasenwände, welche unoxydirt bleiben, schweissen beim Dichten, welches der Regel nach unter dem Hammer und zwar unter einem sehr schweren Hammer, seltener unter Walzen von grossem Durchmesser erfolgt, wenn die Temperatur genügt, leicht zusammen und lassen keine unganzen Stellen im Eisen zurück, wogegen dies bei oxydirten Oberflächen stets der Fall ist. Man muss daher vor allen Dingen beim Gusse des Stahles das Eindringen oxydirender Gasarten zu vermeiden suchen.

---

[1]) Vergl. Seite 509.

Analysen der absorbirten Gase.

Troost und Hautefeuille[1]) haben die Gase untersucht, welche sich in kohlenstoffhaltigem, geschmolzenem Eisen beim Erkalten entwickeln. Sie kamen zu dem Schlusse, dass diese Gase keineswegs nur absorbirte Gase, sondern grösstentheils solche seien, welche sich durch chemische Reactionen bilden. Sie stellten durch Versuche fest, dass das kohlenstoffhaltige Eisen (Roheisen wie Stahl) ein Kochen, also eine Entwickelung von Gasblasen stets dann zeigte, wenn es in Apparaten aus feuerfestem Thone in geschmolzenem Zustande erhalten werde, und dass auf diese Erscheinung Temperaturänderungen keinen merklichen Einfluss haben können. Sie bewiesen ferner, dass diese Gasentwickelung nicht von einer Einwirkung der in der Luft enthaltenen Kohlensäure oder dem Wasserdampfe herrühre, da sie sich auch in Abwesenheit dieser Gasarten zeigt.

So entwickelte ein 72 Stunden lang in einem gut verschlossenen Apparate unter schwachem Drucke geschmolzen gehaltenes Roheisen noch Gas und dasselbe Roheisen verhielt sich in einer Atmosphäre von Kohlenoxyd oder Wasserstoffgas wie im trockenen luftleeren Raume.

Das Gas, welches entweicht, ist Kohlenoxyd und die Experimentatoren schreiben seine andauernde Entwickelung der Einwirkung des Metalles auf die Thonmasse des Gefässes[2]) zu, da eine Untersuchung zeigte, dass das Eisen Kohlenstoff verloren und Silicium aufgenommen hatte[3]).

Man fand folgende Zahlen:

	Silicium	Kohlenstoff
1. Ein Roheisen mit	0·21	5·32
zeigte nach 48stündigem Erhitzen in Porcellan	0·87	5·20
„ „ 24 „ „ „ Gaize[4]) .	1·07	3·90
„ „ 24 „ „ „ „ in einzelnen in die Masse gefressenen Kügelchen	3·4	—

	Silicium	Kohlenstoff
2. Ein Gussstahl mit	0·10	1·54
zeigte nach 24stündigem Schmelzen im hessischen Tiegel	0·26	0·74
„ nach 24stündigem Schmelzen in Gaize .	0·80	0·70

Diese Versuche bestätigen in der That, dass Kieselsäure durch den Kohlenstoff des Eisens — wahrscheinlich indirect durch Vermittelung des letzteren — reducirt und Kohlenoxyd gebildet wird.

---

[1]) Compt. rend. T. LXXVII, p. 482 u. 562. — [2]) Bei den Experimenten die Masse eines Porcellanschiffchens. — [3]) Letzteres angeblich bis zu 8 Proc. — [4]) Gaize ist ein Gestein mit 29 bis 47 Proc. in Kalilauge löslicher und 25 bis 40 Proc. unlöslicher Kieselsäure, im Reste aus Eisenoxyd, Thonerde, Kalk, Magnesia und Wasser bestehend.

Wenn man nun umgekehrt Silicium, welches z. B. durch den Grafit in den Tiegelwandungen reducirt wird, in das Eisen führt, so dürfte hiernach überhaupt keine Reaction stattfinden. Diese Reaction tritt aber bei bestimmten Temperaturen dennoch ein und dies kann nur dem Einflusse des in dem Eisen noch enthaltenen oder sich darin bildenden Kohlenoxydes auf das Silicium unter Bildung von Kieselsäure (Eisenoxydulsilicatschlacke) zugeschrieben werden. So ist die weiter unten bei der Gussstahlerzeugung näher erörterte Eigenthümlichkeit zu erklären, dass der Stahl, nachdem er hinreichende Zeit in einem Gefässe erhitzt worden ist, in dessen Wandungen sich Silicium reducirt, nicht mehr kocht, weil das Silicium das Kohlenoxyd ohne Gasentwickelung zersetzt.

Welche Temperaturen zur Hervorrufung der einen oder der anderen entgegengesetzten Reaction erforderlich sind, ist noch keineswegs festgestellt.

Die oben genannten Experimentatoren stellten ferner fest, dass das geschmolzene Eisen Wasserstoffgas absorbire, und dieses beim Erkalten oder bei Verringerung des Druckes entweichen lasse, also eine dem Sprazen des Silbers ähnliche Erscheinung hervorrufe. Phosphor und Silicium sollen die Absorption von Wasserstoff wesentlich beeinträchtigen, Kohlenoxyd unter sonst gleichen Umständen nur in sehr geringer Menge absorbirt werden.

Es wurden aus einem Holzkohlenroheisencylinder von 500 g Gewicht beim 190stündigen Erhitzen auf 800° C. im luftleeren Raume 16·7 cbcm Gas extrahirt, welche ergaben:

Kohlensäure	0·6 cbcm	oder	3·59	Proc.
Kohlenoxyd	2·8 „	„	16·76	„
Wasserstoff	12·3 „	„	74·07	„
Stickstoff	1·0 „	„	5·58	„
	16·7 cbcm	oder	100·00	Proc.

Derselbe Cylinder wurde in einer Wasserstoff- und in einer Kohlenoxydatmosphäre bei 800° und unter einem Druck von 0·770 m Quecksilbersäule im ersten Falle 48, im zweiten 170 Stunden lang erhitzt und hiernach im trockenen Vacuum extrahirt. Es ergab sich bei der Behandlung mit:

	Wasserstoff				Kohlenoxyd			
an Kohlenoxyd .	1·1 cbcm	oder	2·36	Proc.	14·7 cbcm	oder	86·98	Proc.
„ Wasserstoff .	44·0 „	„	94·42	„	1·5 „	„	8·87	„
„ Stickstoff . .	1·5 „	„	3·22	„	0·7 „	„	4·15	„
	46·6 cbcm	oder	100·00	Proc.	16·9 cbcm	oder	100·00	Proc.

Ein 500 g schwerer Gussstahlcylinder bei 800° ebenso behandelt ergab folgende Resultate:

	Gas im ursprünglichen, geschmiedeten Metallcylinder			Nach der Sättigung mit Wasserstoff			Nach der Sättigung mit Kohlenoxyd		
	cbcm		Proc.	cbcm		Proc.	cbcm		Proc.
Kohlensäure . .	0·05	oder	2·27	—		—	—		—
Kohlenoxyd . .	1·40	„	63·65	0·9	oder	11·53	2·0	oder	62·50
Wasserstoff . .	0·50	„	22·72	6·4	„	82·05	0·8	„	25·00
Stickstoff . . .	0·25	„	11·36	0·5	„	6·42	0·4	„	12·50
	2·20	oder	100·00	7·8	oder	100·00	3·2	oder	100·00

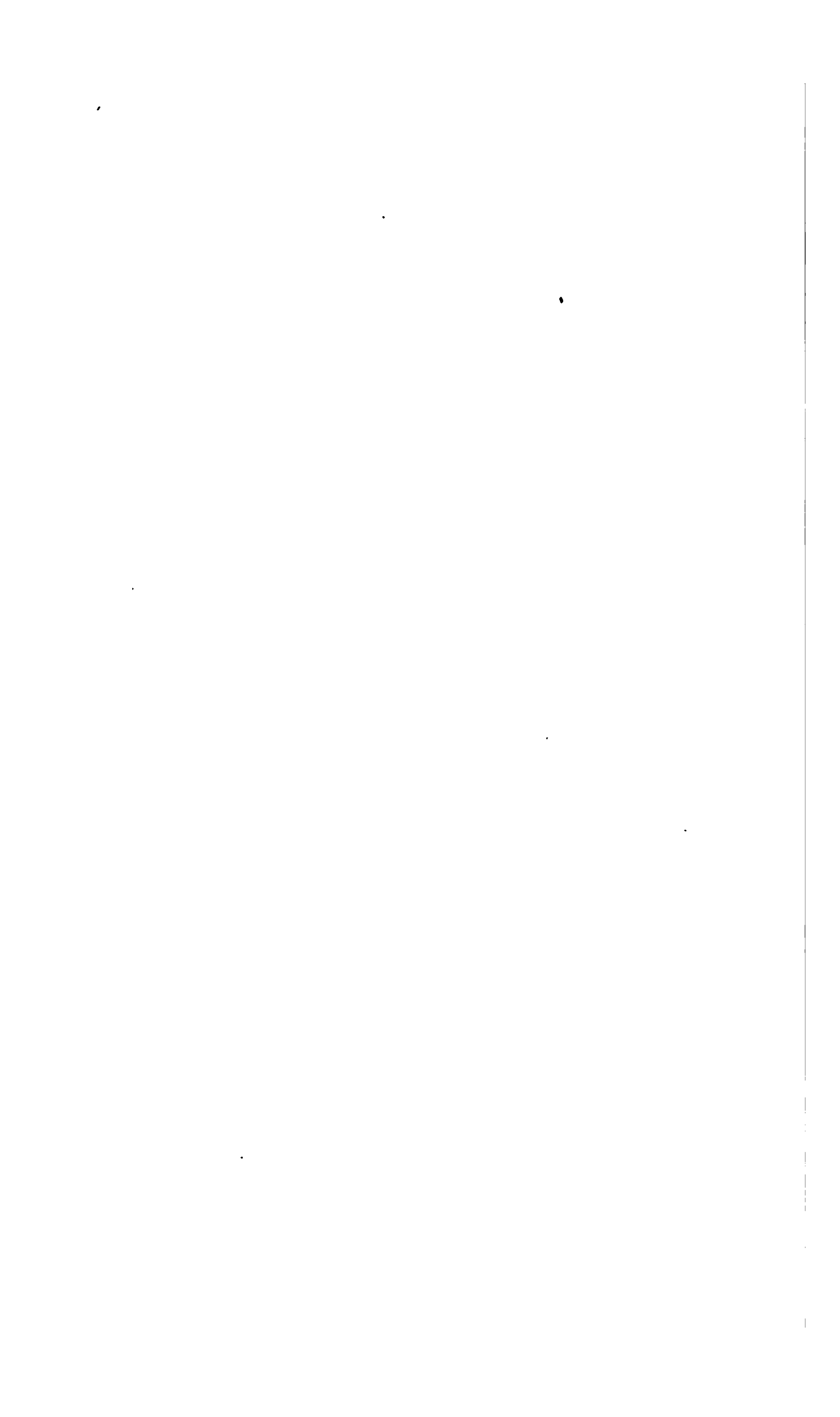
Ein 500 g wiegender Cylinder von weichem Eisen endlich gab nach der Erhitzung bei 800° in 190 Stunden folgende Resultate:

	Gas im ursprünglichen Metallcylinder			Nach der Sättigung mit Wasserstoff			Nach der Sättigung mit Kohlenoxyd		
	cbcm		Proc.	cbcm		Proc.	cbcm		Proc.
Kohlensäure . .	2·2	oder	11·89	—		—	—		—
Kohlenoxyd . .	10·8	„	58·38	0·6	oder	4·31	13·7	oder	97·85
Wasserstoff . .	4·4	„	23·78	10·0	„	71·94	0·2	„	1·43
Stickstoff . . .	1·1	„	5·95	3·3	„	23·75	0·1	„	0·72
	18·5	oder	100·00	13·9	oder	100·00	14·0	oder	100·00

Hieraus scheint sich zu ergeben, dass Stahl und Schmiedeisen viel weniger Gas absorbiren als Roheisen, dass ferner Schmiedeisen das Kohlenoxyd mit grösserer Kraft als Roheisen und Stahl und letzterer den Wasserstoff kräftiger als Roheisen und Schmiedeisen zurückhält.

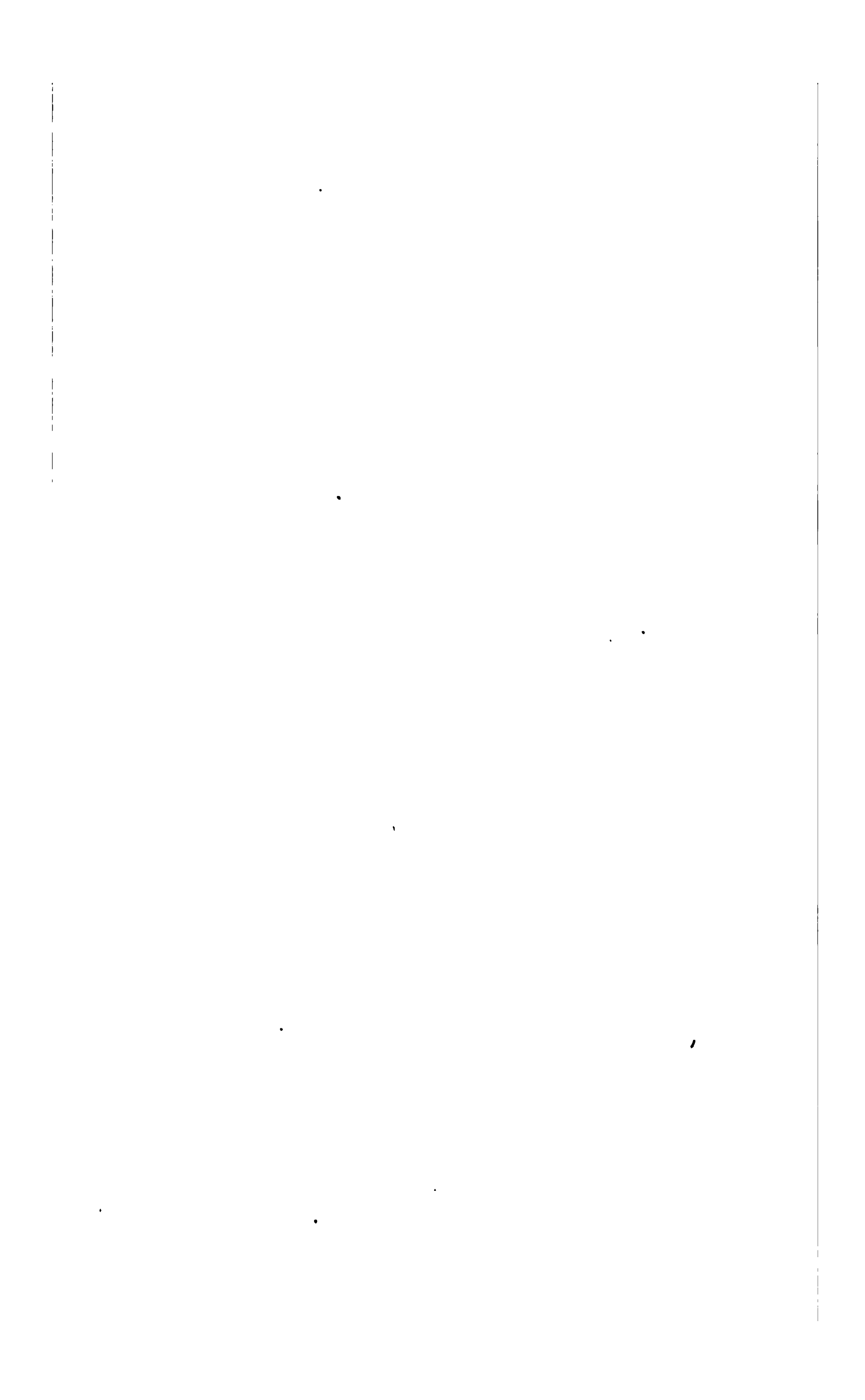
Wenn aber in Betracht gezogen wird, dass die Gase, welche das schmiedbare Eisen bei seiner Erzeugung unter hohem Drucke absorbirt oder absorbiren kann, sehr leicht entweichen müssen, sobald dasselbe ausserhalb des Tiegels, Ofens u. s. w. unter den geringeren Druck der Atmosphäre kommt, so ist sehr unwahrscheinlich, dass beim Erstarren noch viel davon vorhanden sein kann. Vielmehr muss das die Blasenräume bildende Gas hauptsächlich erst beim Eingiessen in die Form entweder absorbirt oder durch Reaction erzeugt werden. Der erstere der beiden Vorgänge ist unter der Voraussetzung, dass die Gase unverändert bleiben, wieder nicht wahrscheinlich, weil dieselben nicht beim höchsten Flüssigkeitsgrade, also der höchsten Temperatur des Productes, sondern erst bei einer bestimmten erniedrigten Temperatur entweichen. Es bleibt also nur die Erklärung durch Gasbildung in der Form übrig. Eingeschlossene Schlackentheilchen, freies oder im Singulosilicat gelöstes Oxydoxydul können direct Kohlenoxyd bilden, ein Einfluss, welchen vorhandenes Mangan oder Silicium auszugleichen vermag.

Jedoch kann auch eine indirecte Einwirkung durch absorbirte, an sich selbst nicht bei dem höchsten Hitzegrade entweichende Gase (Luft oder Sauerstoff) entstehen, wenn diese erst bei sinkender Temperatur sich mit dem Kohlenstoff des Eisens verbinden und Kohlenoxyd bilden.



VIERTER ABSCHNITT.

DIE REINIGUNG, VERBESSERUNG
UND
FORMGEBUNG.



A. Reinigung und Verbesserung.

Wird auch durch die im vorhergehenden Abschnitte beschriebenen Zänge- und Dichtungsarbeiten das Eisen im wesentlichen von Schlacke und von eingeschlossenen Gasblasen befreit, so ist doch dieser Process noch keineswegs geeignet, ein Eisen von der Beschaffenheit herzustellen, wie es der Fabrikant zur Weiterverarbeitung brauchen kann. Die letzten Reste von Schlacke lassen sich nicht entfernen und was besonders ins Gewicht fällt, die Vertheilung des Kohlenstoffgehaltes ist bei allen, namentlich aber den aus dem teigigen Zustande gewonnenen Eisenstücken eine oft sehr ungleichmässige.

Ist nun der Kohlenstoffgehalt hoch genug um das schmiedbare Eisen ohne praktische Schwierigkeiten schmelzen zu können, so wird es der sehr vollkommenen Arbeit des Umschmelzens ausgesetzt. Ist der Kohlenstoffgehalt dagegen hierfür zu niedrig, also der Schmelzpunkt zu hoch, so bleibt nichts übrig, als sich der Schweissarbeit zu bedienen, welche natürlich im weiteren Umfange auch für die Reinigung kohlenstoffreicherer Eisenarten, so lange sie überhaupt schweissbar sind, anwendbar erscheint.

Hieraus ergiebt sich, dass man im wesentlichen nur Stahl umschmelzen kann. Ein solcher umgeschmolzener und dadurch von Schlacke ganz befreiter, im Kohlenstoffgehalte ganz gleichmässig gemachter Stahl heisst Gussstahl. Der Gussstahl ist daher ein durch Umschmelzen verbesserter, im Kohlenstoffgehalte aber unveränderter Stahl.

Bei der Schweissarbeit, bei welcher kleinere zu einem Packet zusammengelegte Eisenstücke zu einem grösseren vereinigt werden, lässt sich niemals der Kohlenstoffgehalt ganz aufrecht erhalten, sondern geht in grösserem oder geringerem Maasse unter Einwirkung der noch vorhandenen Schlacke und des sich an der Oberfläche auch bei Anwendung einer möglichst reducirenden Atmosphäre stets bildenden Oxydoxyduls verloren. Das Schweissen nennt man auf Stahl angewendet Gärben, weil die Anhäufung von kleinen zu schweissenden Stahlstücken eine

Garbe heisst, daher auch den dadurch erzeugten verbesserten Stahl Gärbstahl, wogegen das ebenso behandelte Schmiedeisen geschweisstes Eisen genannt wird und zwar, da man die Schweissung der Eisenkrystalle beim Zängen als erste Schweissung bezeichnet, zweimal, dreimal u. s. w., geschweisstes Eisen, je nachdem es einmal, zweimal u. s. w., kurz einmal weniger als die Zahl andeutet, dem eigentlichen Schweissprocesse unterworfen gewesen ist.

Der Gussstahl und der Gärbstahl werden gemeinschaftlich als Feinstahl bezeichnet, im Gegensatze zu allen den Stahlarten, welche auf irgend eine der früher erläuterten Weisen als Rennstahl, Frischstahl, Puddelstahl, Bessemerstahl, Flussstahl, Kohlenstahl, Cementstahl u. s. w. gewonnen werden, und die gemeinschaftliche Bezeichnung Rohstahl [1]) führen.

Während im ganzen also Schweissarbeit und Umschmelzarbeit darin übereinkommen, dass sie aus einem unvollkommenen ein vollkommenes Product erzeugen, indem sie den Kohlenstoffgehalt, welcher in den einzelnen Theilen verschieden vertheilt war, ausgleichen, so bietet die Schweissarbeit noch die besondere Möglichkeit dar, Eisenstücke von verschiedenem Kohlenstoffgehalte in einer ganz bestimmten Weise zu einem einzigen zu vereinigen, welches in seinen Theilen zwar einen verschiedenen, aber nach bestimmten Grundsätzen angeordneten Kohlenstoffgehalt besitzt. So will man z. B. eine Eisenbahnschiene im Kopfe kohlenstoffreicher, daher härter als im Fusse haben. Zu diesem Zwecke vereinigt man in dem Packete, aus welchem diese Schiene gebildet werden soll, Stahl mit Schmiedeisen.

In den folgenden beiden Capiteln sind nun die beiden Reinigungs- und Verbesserungsarbeiten

1. als Umschmelzarbeit oder Gussstahlerzeugung,
2. als Schweissarbeit

behandelt.

I. Gussstahlerzeugung.

Die Umschmelzung bereits erzeugten Stahles erfordert so besondere Bedingungen, dass es nicht auffallend erscheint, wenn in der ganzen älteren Metallurgie kein derartiges Verfahren bekannt gewesen ist, wie mit Bestimmtheit angenommen werden kann, wenn nicht die verhältnissmässig unvollkommene nur ein halbgeschmolzenes Product hervorbringende Wootzstahlerzeugung [2]) hierhin gerechnet werden soll. Es gehört zu der Möglichkeit, Stahl umzuschmelzen, erstens eine sehr hohe Tem-

[1]) Früher wendete man das Wort Rohstahl wohl allein für den durch den Herdfrischprocess gewonnenen Stahl an, später auch für Puddelstahl, jetzt darf man eine solche Beschränkung nicht mehr zulassen. [2]) Vergl. S. 563.

peratur und zweitens ein vollständiger Luftabschluss. Beide Bedingungen praktisch auszuführen, hat zuerst Benjamin Huntsman gelehrt [1]).

Derselbe war 1804 in Lincolnshire geboren und starb 1776 zu Attercliffe in der Gemeinde Sheffield, wo er auf dem alten Kirchhofe beerdigt liegt [2]). Er war ursprünglich Uhrmacher zu Doncaster, wo er ausserdem eines hohen Rufes als Arzt und besonders als Augenarzt genoss. Später zog er in das Dorf Handsworth bei Sheffield und scheint dort seine Versuche über das Stahlschmelzen ausgeführt zu haben. Gegegen 1770 ging er nach Attercliffe, wo seine Nachfolger das Geschäft noch heutiges Tages fortführen. Huntsman war kein Kaufmann und legte keinen grossen Werth auf Geld; jedoch hielt er seinen Process so lange als möglich geheim.

Nach der allgemeinen Ueberlieferung wurde das Geheimniss schliesslich von Jemandem gestohlen, welcher als Bettler verkleidet die Gastfreundschaft des Erfinders genossen hatte.

1773 veröffentlichte Horne [3]) eine nach Percy's Ansicht falsche Mittheilung, nach der die Erfindung von einem Ungenannten in London, einem Freunde des Lord Macclesfield, herrühren soll. Der erstere wurde durch den Wunsch auf die Erfindung geführt, die vorher aus Frankreich bezogenen, geschweissten Stahlwalzen für die Darstellung des feinen Silber- und Golddrahtes durch ein anderes Material zu ersetzen.

Indessen scheint diese Erzählung doch nicht ganz ungegründet zu sein, denn nach Proling [4]) lebte in der Gegend von Sheffield ein Metallarbeiter, Namens Walter (nach Rinman [5]) Waller), in dürftigen Umständen, dessen Bestreben es war, die bis dahin aus Cementeisen bereiteten Walzen für feine Metallwaaren, welche aus diesem Material hergestellt stets undichte und fleckige Stellen enthielten, aus Legirungen anderer Metalle zu erzeugen. Hierbei machte er nach vieljährigem Bemühen die Entdeckung, dass er einen ohne allen Zusatz umgeschmolzenen Stahl durch Schmieden vollkommen dicht erhalten könne. Er bereitete sich auf diese Weise vortreffliche Walzen und Schneidewerkzeuge, welche an Gleichartigkeit und Dichtigkeit des Materiales Alles

---

[1]) Percy (Iron, p. 828) theilt mit, dass sich die ausführlichste Beschreibung von einem anonymen Autor in dem Werke „Useful Metals and their Alloys. London 1857, p. 346 bis 349, übrigens auch erst nach einer älteren Quelle finde. — [2]) Le Play („Sur la fabrication de l'acier en Yorkshire", Annales des mines 1843, 4, s. 3, p. 638,) giebt Daten über Huntsman's (den er auffallender Weise Huntsmann schreibt) Geburt und Tod nach eigener Copie von dem Grabstein auf dem Kirchhofe zu Attercliffe. Die Grabschrift lautet nach William Baker: *„Sacred to the memory of Benjamin Huntsman of Attercliffe, steel-refiner, who died June 20th., 1776, aged 72 years."* — [3]) Essays concerning Iron and Steel, p. 165. — [4]) Anteckningar under en Resa i England, åren 1797, 1798 och 1799, Stockholm 1817, aus Karsten's Archiv Bd. VIII, S. 342. — [5]) Oesterr. Jahrb. III, S. 308.

übertrafen, was man früher von solchen Arbeiten gekannt hatte. Ein reicher Fabrikant, Huntsman, erfuhr hiervon und nachdem er durch chemische Untersuchungen feststellen hatte lassen, dass der Stahl keine fremden Zusätze enthalte, brachte er es bald selbst zu gleichen Resultaten. Huntsman, der vermögende Fabrikant, gab dem Stahl seinen Namen, der wahre Entdecker starb unbekannt und unbelohnt.

Hiernach hat Huntsman nicht viel besser verfahren als jener scheinbare Bettler, der wieder ihm sein Geheimniss ablauschte.

Die ursprünglichen Oefen zur Gussstahlfabrikation waren nur für je einen Tiegel bestimmt. Obschon bereits zu Ende des vorigen Jahrhunderts [1]) solche für zwei oder vier Tiegel vorgeschlagen und wohl auch versuchsweise angewendet worden waren, kamen doch erst Ende der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts mehrtieglige Oefen in allgemeineren Gebrauch. Das Brennmaterial war und blieb von Anfang an der Regel nach Koks, seltener bestand es (in Oesterreich seit 1840) in Holzkohle, zuweilen in magerer Steinkohle, stets aber in directer Berührung mit den Tiegeln und diese umgebend.

Freilich beschreibt schon 1812 Hassenfratz [2]) einen Ofen, welcher mit Flammfeuerung geheizt werden sollte, indem nach Art der Glasöfen die Flamme der auf einem tiefer liegenden horizontalen Rost verbrennenden Steinkohlen vier Tiegel und das darüber gespannte Kuppelgewölbe erhitzte, und später wurde mehrfach Steinkohlenfeuerung in Oefen versucht, welche im allgemeinen den gewöhnlichen Schmelzflammöfen der Giessereien glichen, aber den Unterschied gegen diese zeigten, dass das Material sich in Tiegeln eingeschlossen befand, die auf dem Herde des Ofens standen. Die Schwierigkeit indessen, eine beständige gleichmässige Hitze zu erzeugen, die Umständlichkeit, die Tiegel durch seitliche Thüren einzusetzen und herauszunehmen, führte erst nach Erfindung der Siemens'schen Regeneratoren und Einführung beweglicher Gewölbe, durch welche die Besetzung und Entleerung des Ofens ausgeführt werden konnte, zu günstigen Resultaten in Flammöfen. Selbstverständlich bot sich nunmehr als das einzige richtige Brennmaterial das aus rohen Brennstoffen erzeugte Generatorgas dar. Gasöfen scheinen um Mitte der funfziger Jahre (wahrscheinlich 1852) eingeführt worden zu sein und von England herüberkommend zuerst auf dem Werke von Borsig zu Moabit bei Berlin dauernde Anwendung gefunden zu haben.

Der gegenwärtige Stand der Gussstahlfabrikation zeigt eine beständige Zunahme der Gasöfen bei grösseren Anlagen, dagegen die Beibehaltung der Kokstiegelöfen für kleinere Werke.

Einen ungemein grossen Fortschritt hat man im Laufe der Zeit im Gusse grosser Stücke gemacht. Früher konnte man meist nur so grosse Stahlblöcke giessen, als es die Füllung eines Tiegels zuliess. Später

---

[1]) Nach Hassenfratz seit 1783 (cfr. Gruner et Lean, état présent de la Métallurgie du fer en Angleterre II, p. 747). — [2]) Sidérotechnie.

ging man auf mehrere über und Fr. Krupp zu Essen [1]), welchem in dieser Richtung die grössten Erfolge zu danken sind, kam seit 1851 von einem Stahlblock, welcher 2250 Kg wog und der auf der ersten Londoner Weltausstellung gerechtes Aufsehen erregte, bereits 1862 auf der zweiten zu einem solchen von 21 000 Kg. 1867 auf der Pariser Ausstellung hatte ein Block bereits 50 000 Kg und 1873 auf der Wiener Ausstellung ein solcher 52 500 Kg Gewicht. Bedenkt man, dass jetzt die grössten hier dargestellten Kanonenrohre in abgedrehtem Zustande ohne Verschluss- und andere Ansatzstücke bis zu 55 000 Kg wiegen und zu mindestens der Hälfte aus einem Stücke bestehen, so zeigt sich, dass derartige Blöcke gegenwärtig nicht mehr als Kunststücke anzusehen, sondern Fabrikationserforderniss geworden sind.

Meistens wird der in gusseisernen Formen erstarrte Stahl aus den im vorigen Abschnitte erörterten Gründen gehämmert und anderweitig bearbeitet, ehe er die Form des Gebrauchsgegenstandes, für den er bestimmt ist, erlangt; aber es ist auch gelungen in Masseformen sofort die fertige Gestalt herzustellen. Dem Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlfabrikation gebührt das Verdienst der Einführung dieses sogenannten Façongusses [2]).

Man wandte die Erfindung zuvörderst für Glocken, später für alle Arten Eisenbahnbedarf (namentlich Scheibenräder), sowie Maschinentheile an [3]).

Die Schwierigkeit grosse Massen von Stahl in dem Hitzegrade zu erhalten, welcher für den Guss in Masseformen erforderlich ist, führte zu der Methode der Stahlüberhitzung in Regeneratorflammöfen, welche ebenfalls zu Bochum zuerst für den Geschützguss erfunden, dann später auch namentlich auf den Flussstahlprocess übertragen wurde, der gegenwärtig

---

[1]) Das Werk ist 1810 von Friedrich Krupp gegründet, umfasst jetzt 4 Steinkohlengruben bei Essen und Bochum, 120 Eisenerzgruben bei Siegen und Sayn, 294 dergleichen an der Lahn, in Spanien etc. Die Hochofenwerke befinden sich mit zusammen 11 Hochöfen zu Sayn, Mühlhofen, Neuwied, Bendorf und Duisburg. Die Gussstahlhütte zu Essen beschäftigt circa 12 000 Arbeiter, umfasst gegen 1000 Oefen verschiedener Art, unter denen gegen 200 Tiegelöfen, und producirt jährlich circa $2^1/_2$ Mill. Centner Stahl in Form von Eisenbahnradreifen (1872: 45 000 Stück), Axen (1872: 1600 Stück), Locomotivtheilen und anderem Eisenbahnbedarf, namentlich neuerer Zeit auch Schienen, ferner Walzen, Kanonen und Geschosse. Der Stahl wird nach allen möglichen Methoden dargestellt, durch den Puddelprocess hauptsächlich zum Umschmelzen für Tiegelgussstahl, durch den Bessemerprocess für Eisenbahnbedarf, durch den Flammofenflussstahlprocess für den directen Façonguss. (Deutscher Katalog der Wiener Weltausstellung.) — [2]) Hier wurde von den Gebrüdern Mathias und Johann Brandenburg zuerst die dazu erforderliche Masse hergestellt. (Vergl. Amtl. Katalog der Wiener Weltausstellung 1873. Gruppe I, vom Verfasser bearbeitet.) — [3]) Die zu Paris 1867 ausgestellte Glocke wog 15 000 Kg, die zu Wien 1873 ausgestellte Schiffsschraube, ein Meisterstück des Façongusses, 9000 Kg und ein Dampfhammercylinder daselbst 7000 Kg.

wohl noch mehr als der Tiegelgussstahlprocess für Façonguss verwerthet wird.

Die Tiegel.

Die Tiegel (*Pots*) müssen aus vorzüglichem Materiale bestehen, um gleichzeitig der sehr hohen Temperatur, dem Wechsel der Temperaturen beim Erhitzen und beim Herausnehmen der Tiegel und dem chemischen Einflusse der geschmolzenen Massen zu widerstehen.

Die Tiegel werden entweder durch Handarbeit oder vermittelst einer mechanischen Presse hergestellt. In beiden Fällen wird in der in eine Hohlform (Nonne) gefüllten Masse durch eine Vollform oder einen Kern (Mönch), welcher eingedrückt wird, die innere Gestalt des Tiegels ausgebildet.

Hierbei ist es zwar gleichgültig, welche Zusammensetzung die Masse erhält, d. h. man kann jede der Methoden für jede Masse anwenden, indessen erfordert die erste Methode eine plastischere Masse als die zweite.

Ein Tiegel hält höchstens drei Schmelzungen aus, indessen auch in diesem Falle muss man jedesmal den Einsatz verringern. So geht man in den Sheffielder Fabriken von 20·41 Kg auf 18·14 Kg und dann auf 16·32 Kg herunter.

Häufig zieht man es vor, auch wenn die Tiegelmasse ausreichend feuerfest erscheint um mehrere Schmelzungen auszuhalten, die Tiegel doch nur je einmal zu benutzen, weil der Regel nach der Verlust, der aus der Zerstörung des Ofens beim Durchgehen des Stahles entstehen kann, viel grösser ist als der Vortheil eines wiederholten Gebrauches.

Die Grösse der Tiegel wechselt; man hat solche für 11 bis 13 Kg, solche für 13 bis 16 Kg Stahleinsatz und solche für 20 bis 25 Kg; seltener (z. B. zu Döhlen in Sachsen, Obuchow in Russland) werden Tiegel zu 30 Kg, ja 36 Kg angewendet.

Die Angaben über die Tiegelweite wechseln selbst für dieselbe Hütte und denselben Einsatz häufig. Es ist hierbei zu beachten, dass die Tiegel eine bauchförmige Gestalt besitzen, welche ihnen erst nachträglich durch Zusammenziehen an der Mündung ertheilt wird. Die Dimensionen, welche angegeben werden, beziehen sich nun entweder auf die fertige Form oder auf die Form vor dem Zusammenziehen.

Ein Tiegel für 11 bis 13 Kg hat in Sheffield eine Gesammthöhe von 31·4 cm; oben vor dem Zusammenziehen einen Durchmesser von 20·9 cm, nach dem Zusammenziehen von 17 cm; unten einen solchen von 15·7 cm. Die Wandungen sind oben 2 bis 2·6 cm stark, unten 2·6 bis 3·9 cm, der Boden besitzt 3·3 bis 3·9, selten bis 5·2 cm Stärke.

Die Tiegel für 13 bis 15 Kg Einsatz erhalten bei einer Höhe von 42 cm nach dem Zusammenziehen etwa 19 cm an der Mündung, einen grössten Durchmesser von 21 cm.

Die grössten Tiegel werden bei gleicher Höhe im grössten äusseren Durchmesser 25 bis 26 cm weit. Die Dicke des Bodens und der Wandungen wird nicht wesentlich stärker gemacht, als bei der kleinsten Sorte.

Malmedie[1]) giebt die durchschnittlichen Dimensionen der Gussstahltiegel folgendermaassen an: 39·2 bis 41·8 cm Höhe, 17·0 bis 18·3 cm unteren und 20·9 cm oberen Durchmesser vor dem Umbiegen des oberen Randes, 2·6 bis 3·9 cm Stärke im Boden und 1·3 bis 2·6 cm in den Wänden.

Eine sehr gebräuchliche Tiegelform in Westfalen hat folgende Dimensionen: 39·23 cm Höhe, 17·00 cm äusseren Durchmesser unten, 20·92 cm äusseren Durchmesser oben vor dem Zusammenziehen; 17·00 cm nach dem Zusammenziehen; Wandstärke am Boden 3·93 cm, am Rande 2·62 cm. Andere haben bei 40 cm Höhe 21·5 cm grössten inneren Durchmesser.

In Sollinger Hütte, einem preussischen fiskalischen Werke bei Uslar, hat der 40 cm hohe Tiegel vor dem Zusammenziehen oben, innen 19·5 cm, aussen 22·5 cm, an dem beinahe halbkugelförmig ausgehöhlten Boden (8 cm über dem tiefsten Punkte) innen 12·5 cm Durchmesser.

Auf einigen englischen Werken hat man fast cylindrische Tiegel von 15·2 cm innerem Durchmesser und 45 cm Höhe, bei einer Wandstärke von 1·3 bis 2·9 cm.

Die Tiegelmasse und ihre Behandlung vor dem Formen.

Die Tiegelmasse besteht zwar fast immer aus einer Mischung von frischem feuerfestem Thon, von ebensolchem im gebrannten Zustande (Schamotte) und von Kohle (Grafit, Koks, seltener Holzkohle), aber man unterscheidet je nach dem Vorwiegen oder dem Zurücktreten der Kohle Kohlentiegel und Thontiegel.

Der Regel nach hat ein mittlerer Tiegel 12·5 Kg Gewicht und dieses ist zusammengesetzt:

bei Kohlen- (Grafit-) Tiegeln aus etwa	5·5 Kg	Grafit,
	5·5 „	Schamotte,
	1·5 „	Thon;
bei Thontiegeln aus etwa	11 Kg	rohem Thon,
	1 „	Schamotte,
	0·5 „	Kohle (meist Koks).

[1]) Zeitschrift deutscher Ingenieure Band III, S. 225.

Die in **Sheffield** gebrauchten kleineren Tiegel [1]) wiegen circa 11·34 Kg und bestehen aus:

6·804 Kg Thon von Stourbridge oder Edensor,
3·175 „ „ „ Stannington,
0·907 „ gemahlenen alten Tiegeln (Schamotte),
0·453 „ gemahlenem Koks (Zünder).

Eine andere Composition ist:

5·2 Kg getrockneter und gepulverter Thon von Stourbridge,
5·2 „ „ „ „ „ „ Stannington,
0·4 „ gepulverte alte Schmelztiegel,
0·5 „ pulverisirte Koks.

Allgemeine Behandlung der Masse. Der zur Hütte gelieferte rohe Thon wird vollständig getrocknet, dann in Cisternen mit genau bestimmten Mengen Wasser gemischt [2]). Hierauf wird der Schamotte- und Kohlensatz in Pulverform zugefügt. Ist die Masse hinreichend von Wasser durchzogen, so wird sie in den Knetraum (*treading floor*) gebracht, wo sie mit den Füssen 8 bis 10 Stunden lang durchgearbeitet wird. Dann breitet man sie in ein 3 bis 5 cm starkes Lager aus, welches mit einem Spaten in viereckige Stücke gestochen wird, die abermals auf einander gehäuft werden und eine Reihe von höheren Blöcken bilden. Diese Blöcke kommen nun zum Formraum, wo sie in Klumpen zerschnitten werden, deren jeder das Gewicht eines Tiegels erhält.

Beschaffenheit des Thons. Der beste Tiegelthon scheint der von Stourbridge in Staffordshire zu sein. Indessen kommen auch in anderen Ländern, z. B. zu Torges in Frankreich, zu Andennes in Belgien, ähnlich vorzügliche Thone vor.

Die Zusammensetzungen einiger guter Thonsorten ergeben folgende Analysen [3]):

	1.	2.	3.	4.	5.
Kieselsäure	58·76	48·04	48·08	63·30	59·01
Thonerde	25·10	34·47	36·89	23·30	24·26
Kalk	Spur	0·66	0·55	0·73	1·32
Magnesia	2·51	0·45	Spur	—	0·72
Eisenoxyd	2·50	3·05	2·26	1·80	4·04
Kali	Spur	1·94	1·88	—	1·20 (Kali + Natron)
Natron	—	—	—	—	
Gebund. Wasser	11·05	11·15	10·87	7·10	10·24
Hygrosk. „	1·45	—	—	2·18	—

1. Thon von Savanas (Ardèche), röthlich, glimmerig, v. Salvétat analysirt,
2. „ „ Stannington bei Sheffield . . . . „ Hambly „
3. „ „ Edensor bei Derby . . . . „ Hambly „
4. „ „ Stourbridge (Worcestershire), beste Sorte „ Cowper „
5. „ „ Schöningen im Solling . . . . „ Streng „

---

[1]) Nach Baker zu Sheffield; Percy, Iron p. 834. — [2]) Diese Operation nennt der Engländer „*falling of the clay*". — [3]) Bd. I der Metallurgie, S. 215.

Beispiele der Thonbereitung. Sheffield: Der Stourbridge-Thon gehört der Steinkohlenformation an. Er ist dunkelgrün, schwer, uneben im Bruche, so dicht, dass er kaum noch Weingeist einsaugt [1]). Er zerfällt im Wasser, zertheilt sich aber erst nach längerer Zeit vollständig.

Die Eigenschaften werden folgendermaassen von Le Play beschrieben [2]): „Der Thon wird, an einem trockenen Orte aufbewahrt, zu einer consistenten Masse, die sich schwer mit der Hand zerdrücken lässt, selbst schwachen Hammerschlägen widersteht, sich mit dem Nagel ritzen lässt, und mit dem Messer zerschnitten eine gewisse Politur oder Glätte annimmt. Er hat eine dunkele Farbe und sein Bruch zeigt zweierlei Aussehen: gewisse Theile sind matt und erdig, dabei ziemlich eben und weich anzufühlen, die anderen sind hingegen glatt, glänzend und erinnern an das Aussehen der glänzenden Flächen, welche Thoneisensteine zeigen. Er lässt sich im Mörser sehr leicht pulverisiren und besteht, wenn man ihn nachher durch ein Seidensieb schüttelt, grossentheils aus beinahe unfühlbaren Partikelchen. Seine Masse ist vollkommen homogen, denn wenn man sie wäscht und die zurückgebliebenen Fragmente dann in einem Porphyrmörser zerreibt, so erhält man ein unfühlbares Pulver, das mit dem durch das Waschen abgesonderten Pulver ganz identisch ist. Der trockene Thon absorbirt sehr schnell Wasser, wenn man ihn damit in Berührung bringt, und er zerfällt dann leicht bei Anwendung von Druck, bildet aber keinen Teig wie die fetten Thonarten, die in der Glasfabrikation zu Tiegeln verwendet werden."

Der Thon von Stourbridge enthält nach Le Play keine andere fixe Bestandtheile als Kieselerde und Thonerde. Derselbe fand darin auch nicht die geringste Spur von alkalischen Erden oder Metalloxyden und in solchen Varietäten ist das Verhältniss der Thonerde zur Kieselsäure ziemlich hoch, etwa = 34 : 48, während die meisten anderen feuerfesten Thonarten ein geringeres Verhältniss von Thonerde zeigen.

Dies ist, wie die obigen Analysen beweisen, nicht ganz richtig; denn Eisenoxyd und Alkalien sind, wenn auch in immerhin nur geringen Mengen, vertreten; auch das Verhältniss der Thonerde zur Kieselsäure ist kein abnormes.

„Die erdige Masse, welche im wesentlichen den Thon bildet, ist innig mit einem brennbaren Stoffe gemengt, der beim Glühen in verschlossenen Gefässen einen kohligen Rückstand lässt; dieser färbt jedes Partikelchen der erdigen Masse dunkelgrau und verflüchtigt sich nur durch sehr lange fortgesetztes Rösten. Diese so innige Mengung mit Kohlenstoff [3]) scheint zur Erhöhung der Feuerbeständigkeit des Thones beträchtlich beizutragen."

---

[1]) Vergl. Bd. I der Metallurgie, S. 226, wo die Fabrikation kleiner englischer Tiegel beschrieben ist. — [2]) Dingl. polyt. Journ. Bd. 92 (1844), S. 26. — [3]) Dessen Gehalt bis zu 1·5 Proc. steigen soll.

„Der Thon von Stannington zeigt beinahe die nämlichen äusseren Karaktere, wie der von Stourbridge; nur ist seine Farbe weniger dunkel. Er ist auch nicht so homogen, indem man durch Waschen leicht glänzende Glimmerblättchen absondern kann; er ist auch noch weniger, wie der Thon von Stourbridge, geneigt mit Wasser einen Teig zu bilden. In verschlossenem Gefässe geglüht giebt er einen dunkelgrauen Rückstand, aber weiteres Rösten macht diese Farbe nicht verschwinden und verursacht keinen Gewichtsverlust. Das Gemenge beider Thonarten besteht für jeden Tiegel aus:

5·22 Kg getrocknetem und pulverisirtem Thon von Stourbridge,
5·22 „ „ „ „ „ „ Stannington,
5·43 „ pulverisirten Tiegelscherben und
0·05 „ Kokspulver.

Man befeuchtet diese Materialien mit soviel Wasser, als zur Erzeugung eines zusammenhängenden Teiges, der die ihm gegebene Form behält, erforderlich erscheint. Ist der Tiegel auf die im Folgenden angegebene Weise geformt und in mässiger Rothglühhitze gebrannt worden, so sieht man im Bruche deutlich, wie die nebeneinander liegenden erdigen Theilchen und die kleinen Koksüberreste durch einen grauen, thonigen Cement vereinigt sind. Diese Bestandtheile hängen nur schwach zusammen und zerfallen durch den Schlag eines Hammers leicht in Pulver.“ Le Play fand das Gewicht eines geglühten Tiegels im Mittel zu 9·08 Kg. Hat der Tiegel bereits zum Stahlschmelzen gedient, so zeigt sich seine Textur vollkommen verändert. Die Masse ist in ein glasiges Email von ausserordentlicher Härte umgewandelt, welches von der Feile nicht angegriffen wird; sie hat eine sehr dunkle, schwarze Farbe, die sich nur durch geringeren Glanz von jener der eingekneteten Koksfragmente unterscheidet. Das glasige Gefüge tritt immer mehr hervor und die vorhandenen Poren werden immer weniger und kleiner je länger der Tiegel der Stahlschmelzhitze ausgesetzt bleibt. Bei einem Tiegel, der versuchsweise während fünf Schmelzungen dieser Hitze ausgesetzt belassen worden, war die erdige Materie in ein schwarzes, sehr verglastes und vollkommen homogenes Email umgewandelt, welches, aus dem Ofen kommend, sich streckbar zeigte, wie halb erkaltetes Glas.

Ueber die Behandlung dieses Thones zu Sheffield vor dem Formen, welche sich im Laufe der Zeit wenig oder gar nicht verändert hat, giebt schon Broling 1817 folgende gute Beschreibung [1]):

„Gute Tiegel, die in der starken Hitze weder reissen noch schmelzen, sind für die Gussstahlbereitung von der höchsten Wichtigkeit. Man glaubt in England ziemlich allgemein, dass nur der Stourbridge Thon hinreichende Feuerbeständigkeit besitze, um die ausserordentliche Hitze beim Stahlschmelzen auszuhalten, weshalb die Ausfuhr dieses Thones bei schwerer

1) Karsten's Archiv VIII (1824), S. 366.

Strafe verboten ist. Dieser Thon hat eine dunkelgraue Farbe, lässt sich rauh und trocken anfühlen, und hat eine Einmengung von sehr vielen feinen, ganz reinen Quarzkörnchen und von feinen weissen, schimmernden Theilchen, ohne die geringste Beimengung von Kalk. Aus diesem Thone werden auf der Grube die berühmten feuerfesten Ziegel (*white bricks*) angefertigt, welche zu Glashütten, Gussstahlöfen u. s. f. durch das ganze Reich versendet werden."

„Der Thon wird entweder an der Sonne oder in einem Trockenofen gedörrt und auf einem Brettergerüste oder auf einer gewöhnlichen Vorrichtung, wie man sich ihrer bei der Zubereitung der Masse in den Thongeschirrfabriken bedient, ausgebreitet. Dann feuchtet man ihn mit Wasser an, so dass er völlig erweicht wird, stösst ihn mehrere Male des Tages mit einem hölzernen Stampfer, bis er so gleichartig geworden ist, dass ein Stück davon, beim Durchschneiden mit einem Messingdrahte, keine ungleich gefärbten Ränder mehr zeigt. Der so zubereitete Thon wird auf einen Haufen gebracht, in welchem er so lange stehen muss, bis er zu einem Grade erhärtet ist, dass er sich kaum noch verarbeiten lässt. Nun nimmt man einen starken eisernen Ring von 13 bis 16 cm Durchmesser, den man mit etwas Oel bestreicht, um das Ankleben des Thones zu verhindern, und bildet mit Hilfe desselben kleine Ziegeln oder Kuchen, welche man auf einer hölzernen Unterlage dergestalt in einem Kreise zusammenlegt, dass die zweite Reihe über die Ränder der ersten zu liegen kommt u. s. w., um auf einer kleinen Fläche eine möglichst grosse Menge von Ziegeln ausbreiten zu können und doch noch Zwischenräume zum schnelleren Trocknen zu erhalten. Die ganze Vorrichtung wird dann unter einer leichten Bedeckung an freier Luft in den Schatten gestellt und einmal des Tages umgedreht, um die Feuchtigkeit desto schneller zu entfernen."

„Sind die Thonkuchen völlig lufttrocken, so bringt man sie, mit Koks geschichtet, in den Tiegelbrennofen, jedoch so, dass die erste Schicht über dem Roste auf eine Holzkohlenschicht zu liegen kommt, damit sich die Koks besser entzünden. Die Holzkohlen werden durch ein kleines Feuer unter dem Roste angezündet und die Oeffnungen des Ofens mit Ziegeln versetzt, wodurch ein so starker Zug entsteht, dass die Kuchen fast eben so stark wie im Gussstahlofen gebrannt werden. Ist der Ofen niedergebrannt, so finden sich alle Kuchen mit den übrig gebliebenen nicht verbrannten Koks gemengt auf dem Roste, und werden davon beim Herausnehmen gereinigt. Die so gebrannten Kuchen werden unter einem Pochwerke zerstampft, durch ein feines Messingsieb geworfen und geben in diesem Zustande den Zusatz zur Tiegelmasse (die Schamotte)."

„Dies Verfahren findet indess nur bei der ersten Tiegelbereitung statt, denn in der Folge kann man die schon gebrauchten und von allem Fluss und allen Schlacken gereinigten Tiegel als Schamotte anwenden. Je grösser das Verhältniss der gebrannten Masse sein kann, desto sicherer darf man darauf rechnen, dass die Tiegel nicht springen und sich bei der

Anwendung nicht zu stark zusammenziehen. — Der getrocknete, nicht gebrannte Thon wird auf eben diese Weise zerstossen und gesiebt."

„Die Tiegelmasse wird aus 20 Thln. gebranntem und 9 Thln. ungebranntem Thon zubereitet. Auf einer hölzernen, gut gereinigten Diele breitet man beide Materialien vermittelst eines Gemässes schichtweise übereinander aus und schaufelt das Gemenge gut um, damit sich die trockene Masse ganz gleichartig mengt, ehe sie mit Wasser angefeuchtet wird. Zu 58 Volumentheilen Masse pflegt man etwa 21 Thle. Wasser zu nehmen, welches unter beständigem Durchschaufeln nach und nach zugesetzt werden muss. Nachdem der Wasserzusatz erfolgt ist, wird die Masse mit grossen hölzernen Stössern gut durchgearbeitet, dann auf einen Haufen zusammengeschaufelt und mit einem nassen Tuche bedeckt. Das Zerstampfen muss täglich, zwei bis drei Wochen hindurch wiederholt werden. Sollte die Masse während dieser Zeit zu stark austrocknen, so wird Wasser in kleinen Quantitäten zugesetzt und dann das Zerstampfen vorgenommen. Ist die Masse auf solche Art gut durchgearbeitet, so ist sie geschmeidiger als zu Anfange, und es kann nun zur Anfertigung der Tiegel geschritten werden.

Zu Sollinger Hütte [1]) bei Uslar dient als Material für die Schmelztiegel der nahe beim Dorfe Schöningen vorkommende, sogenannte Pfeifenthon, der zu diesem Zwecke ausgeklaubt und durch sorgfältiges Sortiren und Abputzen von allen Eisenadern und anhängendem Sande befreit wird.

Der grösste Theil dieses Thones muss, bevor er zur Tiegelfabrikation verwendet wird, gebrannt werden und zu diesem Zwecke formt man denselben in viereckige Platten von etwa 20·92 bis 26·15 cm Seitenmaass und 1·63 cm bis 1·96 cm Dicke, die nach gehöriger Austrocknung in einem einfachen Rostofen bei Holzfeuerung stark gebrannt werden, ohne dass sie jedoch eine Glasur bekommen dürfen, die für die Tiegelmasse sehr nachtheilig sein würde.

Die so hergestellten Schamotteplatten werden bis zur Korngrösse halber Linsen und darunter gepocht. Das Pulver wird mit dem zu Mehl verwandelten und durch ein Sieb von 2·2 mm Maschenweite gebrachten getrockneten rohen Thon und mit gepulverter durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite gesiebter Birkenholzkohle im Verhältnisse von:

14 Volumtheilen gebrannten Thones,
9 „ rohen „
6 „ Holzkohle

sorgfältig gemischt, so dass eine überall gleiche Färbung entsteht.

Bedeutende Quantitäten dieses pulverisirten und gemengten Materials werden in grossen Kästen gleichmässig mit Wasser befeuchtet und, nachdem die Feuchtigkeit gehörig durchgezogen, mittelst hölzerner Keulen durchgestampft, umgestochen und wiederum gestampft, bis die An-

[1]) Nach handschriftlichen Mittheilungen des Directors Herrn Hachemeister.

feuchtung der ganzen Masse möglichst gleichartig geworden und eine Consistenz erreicht ist, welche soeben das Ballen der Masse zulässt, ohne sich im geringsten dem breiartigen Zustande zu nähern.

In grosse Klumpen abgetheilt wird die Tiegelmasse etwa zwei Wochen hindurch in bedeckten Kästen aufbewahrt und mindestens jeden zweiten Tag auf einer standfesten Bank mittelst eines Schlageisens in der Weise durchgearbeitet, dass von dem Klumpen regelmässige ganz dünne Scheiben abgetrennt werden bis dessen Masse erschöpft ist. Diese dünnen Scheiben werden nochmals in entgegengesetzter Richtung durchgeschlagen und lassen dann eine sehr vollkommene und innige Mengung der verschiedenen Bestandtheile der Tiegelmasse sowohl, als eine ganz gleichmässige Vertheilung der Feuchtigkeit zu. Man kann nach jedesmaligem Durcharbeiten die Zunahme der Zähigkeit und des besseren Zusammenhanges der Tiegelmasse wahrnehmen, die nach einer solchen Procedur wiederum in längliche Klumpen gedrückt, sich einige Zeit lang selbst überlassen liegen bleibt.

Ist der Zweck genügend erreicht und schliesslich noch durch ein Kneten mit der Hand, das sogenannte Wellen der Tiegelmasse, befördert, so bleibt dann nur übrig, die in dem Klumpen der Tiegelmasse noch befindlichen Luftblasen durch kräftiges Werfen kleiner Theile derselben auf einen harten Körper zu entfernen, wonach aufs neue Klumpen gebildet werden, deren jeder ungefähr die zu einem Tiegel erforderliche Grösse hat. Die innige Verbindung der einzelnen geworfenen Massen wird durch vorheriges Rauhmachen der sich berührenden Flächen vermittelst eines kleinen Rechens erreicht.

Von der so zubereiteten Tiegelmasse wird die zu einem Tiegel erforderliche Quantität abgewogen, in einen etwas conischen Klumpen geballt und der Tiegelform übergeben.

Zum Zerkleinern des gebrannten und rohen Thones dient ein Pochwerk mit drei Stempeln, dessen Pochtrog eine gusseiserne Ausfütterung hat, um ein selbstthätiges Aufwenden der zu pochenden Thonmasse während der Zerkleinerung herbeizuführen.

Die Gussstahlfabrik zu Döhlen bei Dresden benutzt Thon von Bautzen und Torgau, sowie böhmischen und mährischen Grafit. Auf 3 Volumthle. Grafit kommen 3 Thle. Thon, 3 Thle. alte Tiegelmasse, 1 Thl. frische Schamotte (aus Bruchstücken feuerfester Ziegeln.

Allgemeine Bemerkungen.

Der wichtigste Bestandtheil bleibt für die Gussstahltiegelfabrikation der feuerfeste Thon. Bei der Wahl wird man sich nicht immer an die zunächst liegenden Quellen halten dürfen, sondern in erster Linie die Güte in Betracht ziehen. Diese letztere lässt sich weder durch Analysen noch durch Versuche im Kleinen hinreichend feststellen. Es bedarf dazu einiger Versuche im Grossen, welche die hinreichende Feuerbestän-

digkeit nach allen Seiten hin feststellen. Im übrigen muss man auf möglichst grosse Vorräthe halten, da ein langes Soggen oder Faulen, d. h. langes feuchtes Liegenlassen unter Luftzutritt, den Thon stets wesentlich verbessert.

Als Schamotte wendet man am besten — wie dies in Sollinger Hütte geschieht — besonders gebrannten Thon an. Die Benutzung alter Tiegelreste an Stelle frischer Schamotte ist zwar zulässig, erfordert aber ein sehr sorgfältiges Abscheiden der anhaftenden Schlackentheile und namentlich der oft in die Masse eingedrungenen Stahlkügelchen. Besitzt das Werk Flussstahlerzeugung im Flammofen, so ist es vortheilhafter die Tiegelreste, soweit sie eisenhaltig sind, dort zuzuschlagen. Im übrigen lassen sich die eisenfreien Theile oder die alten Tiegel ganz und gar meist recht gut zur Fabrikation feuerfester Steine für andere Oefen verwerthen. Der Zusatz von Schamotte zu dem frischen Thon ist nicht zu entbehren, theils weil dadurch die Stabilität der gesammten Masse erhöht und eine schnellere Handhabung ermöglicht wird, theils weil beim Kneten sowohl als beim Brennen der Zusammenhang gefördert und die Bildung von Rissen, Schichten und Blasen verhindert wird. Die Schamottekügelchen bilden gewissermaassen Universalgelenke zwischen den Thontheilchen.

Der Grafit, welcher, wie erwähnt, bei denjenigen Tiegeln, bei denen kohlenstoffhaltige Substanzen in verhältnissmässig grösserer Menge zugefügt werden, Anwendung findet, hat die Eigenschaft, beinahe unverbrennlich zu sein. Ueber seinen Einfluss auf die Stahlmasse wird weiter unten gesprochen werden. Die Eigenschaft, der Tiegelmasse eine glänzende und glatte Oberfläche zu verleihen, an welche die schmelzenden Massen nicht adhäriren, hält den Angriff dieser Massen auf den Thon wesentlich ab. Aus diesem Grunde lassen sich Grafittiegel der Regel nach leichter wiederholt benutzen als Thontiegel. Der Grafit muss der mulmigen, in glimmerartigen Blättchen vorkommenden, nicht der körnigen Varietät angehören; er muss frei von Schwefel sein und wenn er andere organische Substanzen enthält, von diesen durch Brennen befreit werden.

Als Holzkohle, wenn diese den Zusatz für Thontiegel bilden soll, wendet man lediglich diejenige von Laubhölzern (Birke oder Buche) an. Die Kohle von Nadelhölzern ist poröser und leichter verbrennlich.

Der bei weitem am häufigsten benutzte kohlige Zusatz besteht in Koks. Es müssen dazu sorgfältig ausgesuchte, möglichst aschenfreie, daher gewaschene Steinkohlen benutzt werden, welche namentlich schwefel- und phosphorfrei sind. Häufig gewinnt man beim Absieben der Koks eine sehr schwer verbrennliche, faserige Substanz, die sogenannte Faserkohle. Diese ist im gemahlenen Zustande ein ganz vorzügliches Material.

Der Zusatz irgend einer dieser kohligen Substanzen zu dem Gemenge von Thon und Schamotte ist nicht zu umgehen. Der Grund für die

Nothwendigkeit dieses Zusatzes ist einerseits in physikalischen, andererseits in chemischen Einwirkungen zu suchen.

Die Kohlentheilchen erhöhen nämlich die Unschmelzbarkeit der Tiegelmasse und lockern dieselbe gleichzeitig so auf, dass beim Trocknen und Brennen der Tiegel die sich entwickelnden Wasserdämpfe entweichen können, ohne Risse und Sprünge zu bilden oder in Blasenräumen eingeschlossen zu bleiben. Die kohligen Substanzen vervollständigen hiernach die Wirkung der Schamotte.

Ferner wirken die Kohlentheilchen reducirend auf etwa von aussen eindringende sauerstoffhaltige Gasarten und halten daher eine Oxydation von den im Tiegel befindlichen Massen ab.

Da bei grossen Anlagen aus den oben angeführten Gründen die häufigere Benutzung der Tiegel nur selten ausführbar ist, so empfiehlt es sich in diesen Fällen die möglichst billige Tiegelmasse zu wählen, d. h. den Zusatz von Koks. Wo solche nicht in der Gegend zu haben sind, wo man daher beim Ankaufe eine Controle nicht ausüben kann, wird Holzkohle anwendbarer erscheinen; im Falle endlich ein besonderer Werth auf Wiederbenutzung der Tiegel gelegt wird, muss der theure Grafit gewählt werden.

Eine gute und sorgfältige Durcharbeitung der Massen ist ein wesentliches Erforderniss zur Herstellung guter Tiegel, hierbei ist die Handarbeit nicht ganz zu entbehren, jedoch kann man das Mengen und Kneten zum Theil recht wohl durch Walzen, Kollermühlen und Thonschneidemaschinen verrichten lassen. Das Abtheilen der mit Maschinen durchgearbeiteten Massen, um etwaige Knötchen und Conglomerationen zu entfernen, muss dagegen stets durch Handarbeit geschehen. Ebenso ist das Werfen der Massen zur Entfernung eingeschlossener Luft- und Gasbläschen eine nicht durch mechanische Vorrichtungen ersetzbare Handarbeit.

Tiegelformerei.

a. Durch Handarbeit.

Die Tiegelhohlform (Nonne, *pot mould*) besteht entweder aus Metall oder aus Holz.

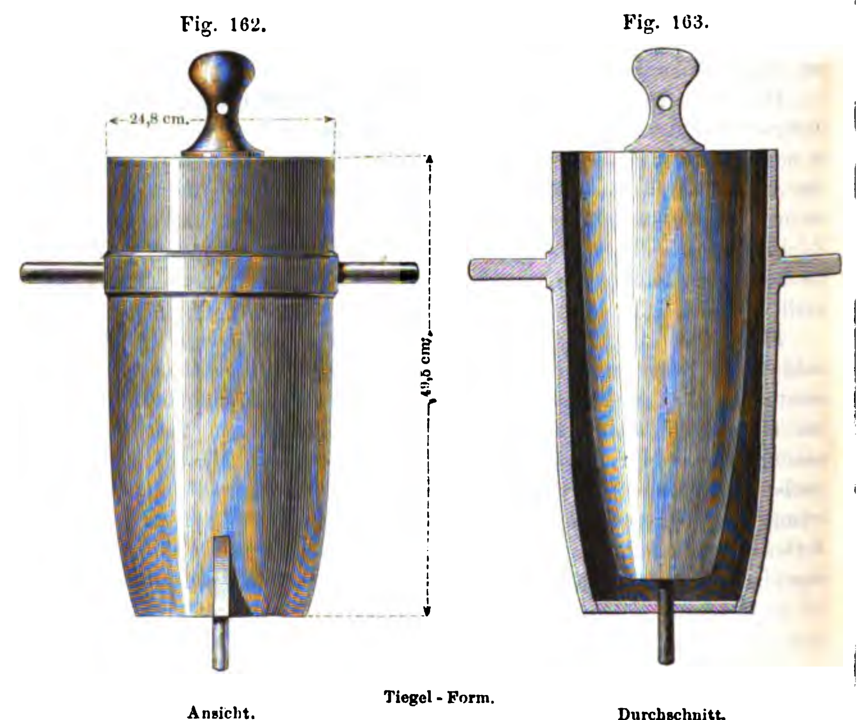
Im ersteren Falle wird dazu ein mit zwei Handhaben versehenes gusseisernes oder bronzenes Gefäss, welches weder Boden noch Deckel hat, angewendet. Eine solche Nonne ist in Fig. 162 (a. f. S.) abgebildet. Die Dimensionen richten sich im Innern nach den äusseren Abmessungen, welche der Tiegel erhalten soll. Die Wandstärke wird dem Drucke entsprechend meist zu 4·6 bis 5·2 cm stark genommen.

Die Stelle des Bodens vertritt eine runde, gusseiserne Scheibe, welche um sich genau an die Wandungen der gusseisernen Form anzuschliessen,

die Gestalt eines abgestumpften Kegels hat, und in der Mitte mit einer kleinen, nach inwendig zu sich erweiternden Oeffnung versehen ist.

Hölzerne Nonnen werden aus vier, fassdaubenartig zusammengefügten Theilen zusammengesetzt, welche in die ringförmige Rinne der, seltener gleichfalls aus Holz, gewöhnlich aus Gusseisen bestehenden Unterlage passen. Das gusseiserne Bodenstück ist seinerseits wieder in einen schweren Holzblock eingelassen. Diese Theile sind untereinander und mit dem Bodenstücke durch Scharnierbänder verbunden und werden in

Fig. 162. Fig. 163.



Ansicht. Tiegel - Form. Durchschnitt.

ihrer zum Formen geeigneten Lage durch Oese und Splint zusammengehalten. Als Material dient der Regel nach Eichenholz.

Die Tiegelvollform oder der Kern (Mönch, *plug*) besteht aus hartem Holze (Bock- oder Teakholz) von der dem Tiegelinnern entsprechenden Aussengestalt. Der Mönch ist oben mit einem eisernen platten Knopf versehen, welcher die Schläge des Hammers aufzunehmen hat und welcher, wie Fig. 162 zeigt, durchbohrt ist. Die Durchbohrung dient zur Aufnahme eines Hebels, mit welchem sich der Mönch drehen lässt. Am oberen Rande wird der Mönch häufig mit einem festen Rande oder einem eingefalzten Deckel versehen, der an die Wände der Nonne genau anschliesst, damit sich die Thonmasse beim Hineintreiben des Mönches nicht herausdrängt. Unten ist der Mönch oft mit einer Kappe

von Messing beschlagen, stets aber mit einem eisernen Dorn (Fig. 163) versehen, welcher genau die Stärke der Durchbohrung in dem Bodenstücke der Nonne besitzt, und die Bestimmung hat als Leere oder Leitung zu dienen, damit der Mönch central eingeführt werde und der Tiegel rundum dieselbe Dicke erhalte. Diese Anordnung zeigt Fig. 163.

Soll zum Tiegelschlagen geschritten werden, so wählt man eine feste Unterlage, meist in Form eines eingerammten Holzklotzes, legt darauf eine dicke eiserne Platte und auf diese die Bodenscheibe. Die Nonne wird sodann, nachdem sie gut mit Thran oder Schmalz eingeschmiert ist, über jene, den Boden der äusseren Form bildende Scheibe aufgestellt. Eine konische Bodenscheibe wird von oben in die Nonne gelegt (Fig. 163). Ist die Nonne von Holz, so wird sie nicht eingeschmiert, sondern mit Leinwand ausgeschlagen. Ein schräg geschnittenes Stück Leinwand, dessen unterer Rand mit Einschnitten versehen ist, um den Boden ringförmig zu begrenzen, dient als Belag für die Seitenwand, ein kreisförmiges Stück als Belag für den Boden.

Im weiteren Verlaufe weichen die Manipulationen auf einzelnen Gussstahlwerken etwas ab.

Erste Art. Es wird von der zubereiteten Tiegelmasse so viel genommen, als zu einem Tiegel nöthig ist, was sich am besten durch das Gewicht der Masse bestimmen lässt, sobald ein Probetiegel angefertigt worden ist. Man wirft den Thonklumpen gegen eine festliegende, nicht ausweichende Platte und bildet zugleich mit den Händen einen Ball von der Grösse, welche zur Ausfüllung der unteren Hälfte der Form erforderlich ist. Drei gekrümmte dünne Eisenbleche, welche zusammengenommen die äussere Gestalt des fertigen Tiegels bilden, folglich die innere Fläche der Gusseisenform so weit bekleiden müssen, als der Umfang des Tiegels es verlangt, werden nun gut mit Oel eingerieben und dann in die Gusseisenform eingelassen, worauf man den eben erwähnten Thonball hineinbringt. Ist dies geschehen, so nimmt man ein hölzernes Modell oder eine Form, von der Beschaffenheit des Mönches (Fig. 163), nur mit dem Unterschiede, dass die eiserne Spitze fehlt, zur Hand, und bildet durch einige schwache Schläge mit einem hölzernen Hammer, vermittelst dieses Modelles, in der Thonmasse zuerst eine Oeffnung oder Aushöhlung, wobei so genau als möglich die Mitte gehalten werden muss. Das Modell muss hierbei oft in die Höhe gezogen werden, damit es nicht fest anhängt. Das Einsetzen der Kernform wird hierdurch vorbereitet, damit die Spitze derselben leichter in die in der Bodenscheibe der Gusseisenform befindliche Oeffnung hineintrifft, und auch das Oel, womit die Oberfläche der Kernform bestrichen ist, nicht zu frühzeitig abgerieben wird. Geschähe dies letztere, so würde die Kernform zu fest an der Thonmasse haften und nicht herausgezogen werden können, ohne den ganzen Tiegel zu verderben.

Sobald hierauf die Kernform eingesetzt ist, giebt man ihr einige starke

Schläge mit einem hölzernen Hammer, und dreht sie bei jedem dritten oder vierten Schlage um ihre Axe, damit sie sich nicht festsetzt. Zuletzt erhält sie sehr kräftige Schläge, damit die Thonmasse, welche keinen Ausweg findet, stark zusammengepresst wird und nirgends leere Räume oder undichte Stellen behält. Sodann wird die Kernform unter Drehen in gleicher Richtung, wie beim Einsetzen behutsam ausgezogen, die ganze eiserne Tiegelform mit dem darin befindlichen Tiegel in die Höhe gehoben, wobei die Bodenscheibe, wenn sie conisch ist, mitgenommen wird, und auf einen hölzernen Cylinder gestellt, dessen Durchmesser genau so gross ist, als der Boden des Tiegels und dessen Höhe der der Gusseisenform wenigstens gleichkommt. Dieser Cylinder dient dem Tiegel als Unterlage, welcher frei darauf stehen bleibt, wenn die Gusseisenform langsam und vorsichtig niedergestossen wird. Nun nimmt man auch die dünnen Eisenbleche behutsam weg und stellt den Tiegel auf ein ebenes, glattes und vollkommen horizontal liegendes Brett. Diese vollkommen horizontale Stellung ist nothwendig, weil die Tiegel sich sonst ungleich setzen, sich ziehen und reissen würden. Gewöhnlich bleiben sie jetzt in freier Luft unter einer Bedachung stehen, um vor der Einwirkung der Sonne und des Regens geschützt zu sein. Die Tiegelbereitung geschieht daher auch soviel als möglich in der besten Jahreszeit, denn der Frost macht einen frisch angefertigten Tiegel ganz unbrauchbar. Sehr heisse Sommertage sind zur Tiegelanfertigung auch nicht sehr geeignet, weil sie dann leicht zu ungleich austrocknen. Wenn die Tiegel die Nacht hindurch gestanden haben, so wendet man sie am folgenden Morgen vorsichtig um, so dass der Tiegelboden nach oben kommt, um die darin befindliche, durch die eiserne Spitze der Kernform veranlasste Oeffnung mit einem Stückchen Thonmasse auszufüllen. Die Oeffnung wird mit einem Messer aufgeräumt, um das an der inneren Fläche hängen gebliebene Oel wegzuschaffen. Dann taucht man einen gut passenden hölzernen Nagel in Wasser, reibt damit die aufgeräumte Oeffnung aus, und steckt einen Thonpfropfen hinein, der etwas länger sein muss als der Tiegelboden dick ist. Hat man die äussere Fläche des Bodens glatt gestrichen, so kehrt man den Tiegel wieder um, und bringt das oben erwähnte hölzerne Modell ohne den eisernen Stift in die Tiegelöffnung, um den Thonpfropfen auch inwendig recht schliessend zu machen. Hierauf wird mit der Hand der obere Rand des Tiegels etwas zusammengezogen. Nun wendet man den Tiegel abermals um, lässt ihn den Boden nach oben gekehrt einen Tag lang stehen, wonach er so trocken geworden ist, als es in der freien Luft geschehen kann. Hierauf wird er in einen erwärmten Raum getragen.

Zweite Art. Die gut eingeölte Nonne wird auf einen mit dem verlorenen kreisförmigen Boden bedeckten Holzklotz gestellt, die ganze Thonmasse in Form eines cylindrischen oder schwach conischen Klumpens auf einmal kräftig hineingeworfen und mit der Hand angedrückt.

Hierauf wird der ebenfalls wohl geölte Mönch 5 bis 8 cm tief vermittelst eines schweren Hammers eingetrieben und zwar unter möglichster Bewahrung der Centralität. Dann wird der Mönch nochmals zurückgezogen, nachdem er durch kurze Drehung gelockert ist, nochmals geölt und nun bis zum Boden getrieben, so dass der Dorn durch die Bodenplatte tritt. Der überschüssige Thon steigt durch den oberen ringförmigen, nicht wie bei der ersten Methode verschlossenen Zwischenraum zwischen Mönch und Nonne auf und wird dort vermittelst eines Messers oder eines Drahtes abgeschnitten. Darauf wird der Mönch mit beständiger Drehung herausgezogen. Nun wird der obere Theil des Tiegels durch Umdrehung der Nonne und Einhaltung eines schräg gestellten Messers oder Streicheisens von der Nonnenwandung gelöst und wie ein Topf bei der gewöhnlichen Töpferei am oberen Rande etwas nach innen gezogen. Hiernach stellt man das Ganze auf einen Block vom Querschnitte des verlorenen Bodens und streift die Nonne durch Abwärtsdrücken ab, so dass der verlorene Boden sammt dem fertigen Tiegel auf dem Pfosten stehen bleibt und zum Trockenraum transportirt werden kann [1]).

Dritte Art. Bei Anwendung einer hölzernen Nonne, wird die letztere auf das Bodenstück gestellt, mit demselben und in sich durch die umgelegten Scharnierbänder zu einem Ganzen verbunden und darauf mit Leinwand ausgelegt. Der ganze Thonklumpen wird wie bei der zweiten Art hineingeworfen.

Hierauf wird durch Einrammen eines dem Mönche ähnlichen Holzstücks ohne Stift die richtige Lage für den Mönch selbst bestimmt, dann die Thonmasse in der Mitte durchstochen, um dem Stifte des Mönchs die richtige Einleitung in das Loch des Tiegelformbodens zu geben; sobald diese Vorbereitung getroffen ist, wird der Mönch eingesetzt und unter beständigem Drehen erst mit leisen und dann mit immer kräftigeren Schlägen einer Handramme eingetrieben bis der oben vorspringende Rand desselben in die Tiegelform ganz eingedrungen ist und man durch das Auspressen kleiner dünner Thonblättchen, die sich zwischen Mönchrand und Form heraufschieben, die Ueberzeugung von der gänzlichen Ausfüllung der Form und gehöriger Dichtigkeit der Tiegelmasse erlangt hat.

Ist die Formgebung vollendet, so wird die Holzform von den Ringen befreit und in ihre vier Theile zerlegt, nachdem auch der dieselbe mit dem Bodenstück verbindende Ring entfernt ist.

Der Tiegel wird nun mit der Hand vom Untersatz abgehoben, bleibt aber noch einen Tag in seiner Leinwandhülle stehen. Dann erst schreitet man zur Vollendung, indem man die Leinwand abnimmt und die äussere wie die innere Fläche des Tiegels mit einem löffelartigen Instrumente glättet, das Loch im Boden des Tiegels mit Tiegelmasse zustopft und endlich den oberen Rand des Tiegels nach innen gewölbartig etwas einzieht.

---

[1]) Ein Arbeiter macht 20 Tiegel pro Tag. Ein solcher Tiegel kostete 1864 in Sheffield 8 d. = 80 Pfennig.

b. Tiegelformerei mit der Maschine.

Der Vortheil, welcher einer Gussstahlfabrik aus sorgfältig angefertigten Tiegeln erwächst und die Möglichkeit bei der Handarbeit mit grosser Genauigkeit auf alle Bedingungen für einen guten Tiegel zu achten, haben bis heutigen Tages der Tiegelfabrikation mit Hand einen dauernden Bestand gesichert, sobald der Verbrauch in bestimmten nicht allzuweiten Grenzen bleibt. Wo man indessen, wie in den grossen Gussstahlfabriken von Krupp, Borsig, des Bochumer Vereins u. s. w. gezwungen ist, oft täglich über hundert Tiegel darzustellen, reicht die Handarbeit nicht mehr aus, theils weil es zu schwierig wird, die nöthigen geschickten Arbeitskräfte herbeizuschaffen, theils weil die Controle zu zeitraubend und unvollkommen ausfällt. In diesen Fällen ist man gezwungen gewesen zur Maschinenformerei zu greifen, hat auch damit vollkommen genügende Resultate erzielt, aber überall nur Tiegel zu fabriciren vermocht, welche nicht mehr als eine Schmelzung vertragen.

Die erste Maschine zum Tiegelformen scheint eine nach Art der Münzprägen mit Schwungrad versehene, durch die Hand bewegte Presse gewesen zu sein. Eine solche ist von Malmedie mitgetheilt [1]) und hier in Fig. 165 abgebildet worden. Sie diente ursprünglich nur zur Formung der aus der härteren und consistenteren Grafittiegelmasse hergestellten Tiegel.

Da der Leitstift am Boden des Mönches (*a*) fehlt, kommt es auf eine sichere Führung des letzteren an, damit er genau in die Mitte der Nonne (*b*) treffe.

Die vier Nonnen (*b*) stehen auf einer Drehscheibe, wie aus dem Grundriss ersichtlich. Man kann sehr schnell formen, weil während jeder Pressung gleichzeitig eine Form gereinigt, eine gefüllt und eine entleert werden kann. Auch hier sind die Nonnen mit losem Boden versehen, welcher behufs Aushebung der Tiegel vermittelst Kurbel und Zahnstange (*c*, *d*) gehoben wird.

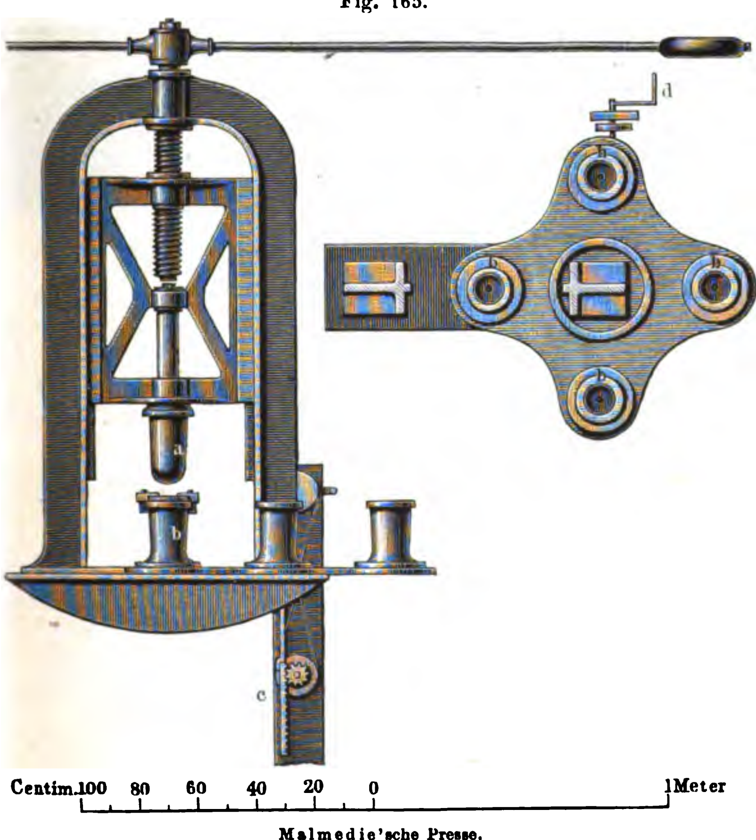
Weit vollkommener ist die gegenwärtig gebräuchlichste, von Vital Daelen in Berlin construirte Presse, welche in Fig. 166 bis 168 (auf S. 626 u. 627) abgebildet ist.

Die Nonnen (*b*) stehen zu drei auf einer Drehscheibe (*a*). Der Mönch, welcher hohl und am Boden aus dem Grunde mit einem Ventile versehen ist, um ihn bequem herausziehen zu können, da ohne diese Vorrichtung nach erfolgter Pressung das entstehende Vacuum ein Hinderniss in den Weg legen würde, ist an der Kolbenstange (*c*) eines Dampfkolbens befestigt. Der Dampfcylinder (*f*) wird von zwei Säulen (*d*) getragen. Die Steuerung (*g*) geschieht durch Hand und zwar in folgender Weise. Der Schieber lässt zuvörderst den Hebedampf unterhalb des Kolbens eintre-

[1]) Confr. Zeitschrift deutscher Ingenieure Bd. III, S. 227.

ten, sodann nach Erreichung der höchsten Stellung gleichzeitig oberhalb desselben. Der Kolben, welcher wegen des Fehlens der Kolbenstange im oberen Theile des Cylinders eine grössere Druckfläche besitzt, geht vermöge des Ueberdrucks, sowie der Schwere des Mönches und der Kolbenstange nieder und presst den Thon ziemlich vollständig in seine Form. Den letzten Druck empfängt er aber erst durch eine weitere Stellung des Schiebers, bei welcher frischer Ober- oder Druckdampf zutritt.

Fig. 165.



Malmedie'sche Presse.

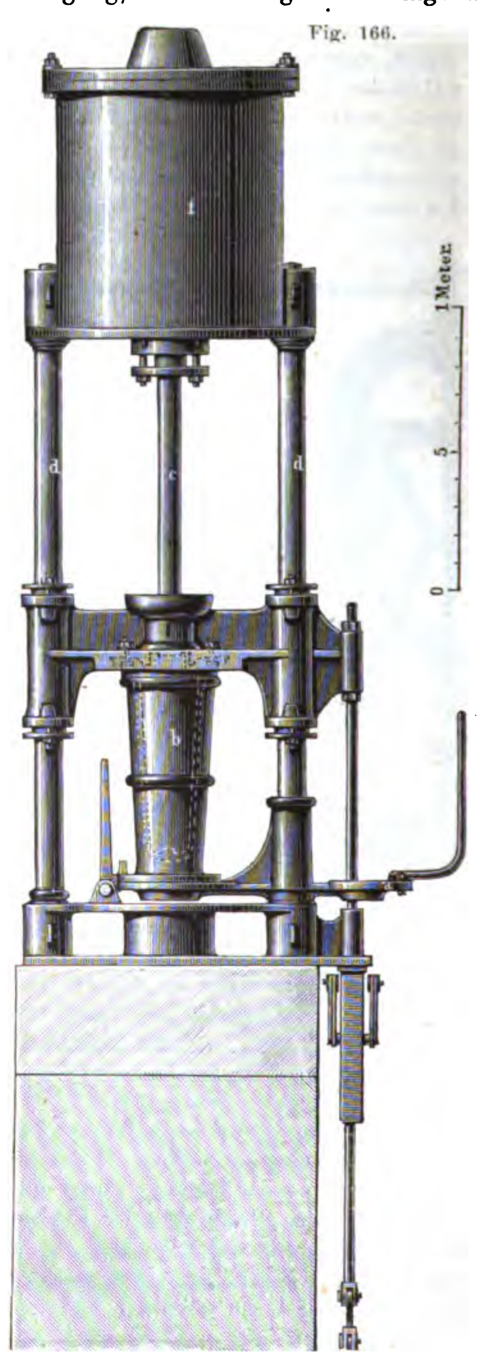
Ansicht. Grundriss.

Der fertig gepresste Tiegel wird nach Weiterschaltung der Drehscheibe durch Aufschieben eines conischen Messingringes oben zusammengezogen und zwar bevor der folgende Tiegel gepresst ist. Geht der Kolben nieder, so hebt sich gleichzeitig der Pfropfen *h*, welcher in den Losboden der Nonne eingreift und mit diesem den Tiegel aushebt.

Während in der Stellung *k* der Tiegel gepresst, in *l* der Tiegel ausgehoben wird, wird bei *m* die Form gereinigt und gefüllt (Fig. 167).

Die Maschine macht 800 Tiegel in 12 Stunden.

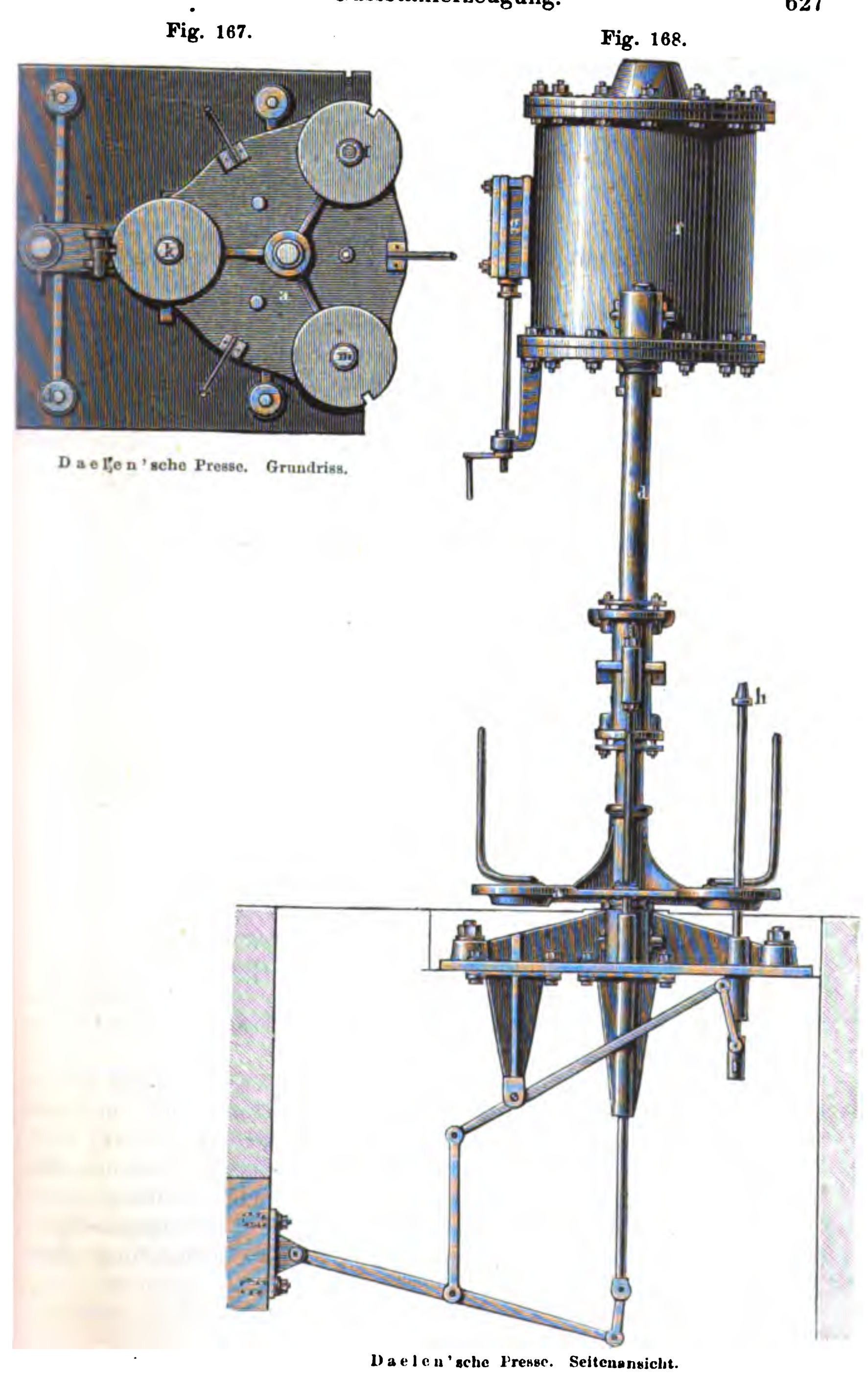
Fig. 166.



Daelen'sche Presse. Vorderansicht.

Fig. 167.

Fig. 168.



Daelen'sche Presse. Grundriss.

Daelen'sche Presse. Seitenansicht.

Statt des directen Dampfdruckes bedient man sich auch der Uebertragung durch Räder auf eine Schraube.

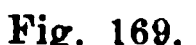
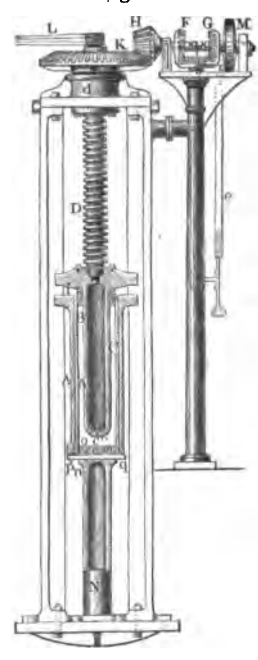


Fig. 169.



Pérard'sche Presse.

Eine solche Tiegelpresse (von Pérard und Berchmann[1]) ist in Fig. 169 dargestellt. *A* ist die Nonne, mit dem Losboden *O*, der auf der Säule *N* aufliegt. Der Ring *pq* dient der Nonne als Stütze; wird er gelöst, so kann die Nonne über die Säule gleiten und den Tiegel frei machen. Der Mönch *C* ist an der Schraube *D* befestigt. Die Schraube kann durch Handhaben *L* oder durch Maschinenkraft und Uebertragung *MGEFHK* bewegt werden. Der Tiegel nimmt die Form des Raumes *a* an, während überflüssiger Thon (wie übrigens bei jeder Maschinenformerei) durch eine kleine Oeffnung *i* im Verschlussringe *B* herausquellen kann. Das Ventil *e* verhindert die Bildung der Luftleere.

Um ein langsames Senken und ein schnelles Hinaufziehen des Mönches zu vereinigen, pflegt man auch die Spindel mit zwei Schraubengängen, einem schwach und einem stark steigenden, zu versehen. Zwei übereinanderliegende, einzeln lösbare Muttern bedingen den Eingriff in den einen oder den anderen. Während daher in diesem Falle die von dem Motor der Spindel mitgetheilte Peripheriegeschwindigkeit stets die gleiche bleibt, ändert sich die verticale Bewegung wesentlich.

Die Deckel.

Die Deckel sind der Regel nach etwas grösser im Durchmesser, als die Tiegel an der Mündung, um sie leicht abschlagen zu können. Sie sind unten flach, oben etwas convex, wie Fig. 170 zeigt. Sie bestehen aus derselben Masse wie die Tiegel und erhalten etwa 2·6 cm, selten bis 3·3 cm Stärke. Die Pressung geschieht in einfachen eisernen Formen mit Hand oder Maschine.

Entweder sind die Deckel nur, wie in Fig. 170 voll. Dann müssen sie zur Probe des Stahls auf seinen Flüssigkeitsgrad abgehoben und auch vor dem Giessen entfernt werden. Oder die Deckel haben **eine**, meist centrale, kleine Oeffnung, welche mittelst eines etwas conischen und oben mit einem breiten Rande versehenen Stopfens während der Schmelzzeit verschlossen ist. Diese Oeffnung dient dann zum Probiren des Flüssigkeitsgrades. Auch in diesem Falle muss übrigens der Deckel vor dem Gusse abge-

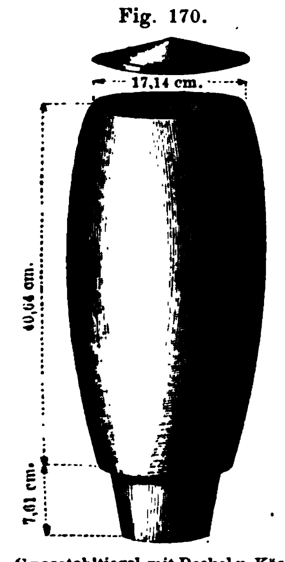
[1]) Vergl. Bd. I der Metallurgie, S. 235.

schlagen werden. Oder die Deckel haben zwei Oeffnungen, eine wie die vorhergehend beschriebene und eine halbkreisförmige am Rande, welche in gleicher Weise während des Schmelzens durch einen Thonpfropfen verschlossen ist. Diese letztere Oeffnung dient nach Entfernung des Pfropfens zum Ausgiessen und in diesem Falle braucht also der Deckel beim Gusse nicht entfernt zu werden. Sie kann zwar auch zum Probiren des Flüssigkeitsgrades dienen, und in diesem Falle erhält der Deckel kein centrales Loch mehr, aber der Regel nach benutzt man dazu die zweite, in der Mitte des Deckels angebrachte Oeffnung. Die Oeffnungen haben einen Durchmesser von circa 3·5 cm.

Die Käse.

Die Tiegel stehen nicht direct auf dem Roste auf, erstens weil dann der Boden durch die eintretende Luft gekühlt würde, gerade wie die Roststäbe, welche niemals glühend werden, und zweitens, weil beim Lösen des Tiegels von dem Roste vor dem Ausheben leicht eine Zerstörung des Bodens eintreten könnte. Man legt daher zuvörderst auf den Rost eine oder zwei Platten aus feuerfester Masse, welche Käse (*stands*) genannt werden. Dieselben haben zusammen etwa 8 cm Höhe und einen etwas geringeren Durchmesser als der Tiegelboden und sind nach unten ein wenig verjüngt.

Fig. 170.



Gussstahltiegel mit Deckel u. Käse.

Die Käse werden entweder aus Tiegelmasse, häufiger aber nur aus einer Mischung von Thon und Schamotte mit Hand oder Maschine geformt und stark gebrannt. Die Aufmerksamkeit muss nur darauf gerichtet werden, dass sie von zwei horizontalen Flächen begrenzt sind, damit die Tiegel sicher und gerade darauf stehen. Sie werden deshalb nach dem Brennen, wobei sie sich leicht werfen, zuweilen noch auf rotirenden Mühlsteinen abgeschliffen.

Trocknen und Glühen der Tiegel.

Die Tiegel müssen sehr sorgfältig getrocknet werden. Künstliche Trocknung darf erst nach hinreichender Lufttrocknung folgen. Man rechnet auf die gesammte Trocknung bis zum Gebrauche der Regel nach mindestens $^1/_4$ Jahr, woraus sich der für grosse Schmelzhütten erforderliche bedeutende Trockenraum ergiebt.

Zuvörderst lässt man die Tiegel etwa 8 Tage in dem schwach erwärmten Formraum stehen, welcher circa 15 bis 18° C. haben soll.

Hierauf kommen sie auf mehretagige Gestelle, welche sich an die heisse Wand der Schmelzhütte lehnen, oder in besondere geheizte Kammern, in denen eine Temperatur von 40 bis 60° C. herrscht. Auch in den letzteren befinden sich Gestelle, welche mit mehreren Etagen versehen sind. Der Raum wird entweder durch Kanäle, welche in der Sohle liegen, besser aber noch durch heisse Luft geheizt. Letzteres ist deshalb vorzuziehen, weil damit eine Ventilation, also ein Abziehen der feucht gewordenen Luft leichter zu vereinigen ist. Die frischen Tiegel kommen zuerst in die unterste Etage und gelangen von 8 zu 8 Tagen in ein mehr der Decke zu liegendes, daher wärmeres Niveau, um endlich an der Decke nach Oeffnung eines Schiebers ausgehoben zu werden. Diese Hebevorrichtungen sind zuweilen nach Art der Paternosterwerke eingerichtet und mechanisch bewegt. Nun kommen die Tiegel zwar oft direct in den Glühofen (*annealing grate*), wo sie bis zur Rothglut erhitzt werden, zuweilen aber auch erst auf das Gewölbe des Tiegelbrennofens oder die mit einem kammerartigen Raume überdeckten Fuchsgewölbe der Schmelzöfen. Meist werden 9 bis 20 Tiegel zugleich dieser Operation unterworfen. — Die Glühöfen sind sehr verschiedener Einrichtung. Ein wesentlicher Unterschied wird dadurch bedingt, dass die Tiegel entweder ohne Füllung, dann mit dem Boden nach oben gekehrt oder liegend, oder aber mit Füllung, dann aufrecht stehend, geglüht werden. Im ersten Falle wendet man der Regel nach einfache mit Rost versehene backofenförmige Räume an. Auf den Rost kommt Steinkohle, welche entzündet wird, darauf die Tiegel, die Mündung (Gicht, *mouth*) nach unten. Die Zwischenräume werden mit Koks ausgefüllt. Die Deckel werden auf die Böden der umgekehrten Tiegel gelegt und darauf die Einsatzöffnung des Ofens entweder mit feuerfesten Ziegeln versetzt oder durch eine eiserne mit Schamotte ausgefütterte Thür verschlossen. Alle Fugen werden sorgfältig verschmiert, damit Luft nur durch den Rost eindringen könne. Zuweilen werden die Koks durch eine kleine in der Thür ausgesparte und verloren durch eine Thonplatte zugesetzte Oeffnung eingefüllt und durch dieselbe wird auch die Zündung bewirkt.

Als Steinkohlen benutzt man stets solche mit möglichst wenig und ganz trockner, niemals mit fliessender Asche. Als Koks dienen die durch den Rost der Schmelzöfen gefallenen und die vor dem Gebrauch in letzteren als zu klein ausgesiebten Stücke. Zuweilen setzt man zur schnelleren Entzündung Holzkohlen (circa $^1/_3$) hinzu. Ganz oben auf kommen dann glühende Holzkohlen oder Koks und man lässt sich das Feuer von oben nach unten zum Rost ziehen (Durchschlagen).

Die Glühung dauert nach dem Durchschlagen 12 Stunden, der Regel nach vom Abend bis zum nächsten Morgen.

In dieser Zeit muss man öfters nachsehen, ob sich das Feuer im Ofen gleichmässig vertheilt hat. Die Oeffnung zum Aschenfall wird mit einer starken Eisenplatte versetzt, so dass nur auf der einen Seite ein schmaler Schlitz bleibt, um nicht mehr Luft einströmen zu lassen, als zum gelinden

Glühen der Kohlen erforderlich ist. Je langsamer das Brennen erfolgt, desto besser fallen die Tiegel aus. Die Tiegel lässt man nun entweder vollkommen im Ofen erkalten, oder man lässt sie, was das Gewöhnlichere ist, bis zum Gebrauch in dem Ofen stehen und schafft sie dann direct noch glühend in den Schmelzofen. — Seltener glüht man die leeren Tiegel aufrecht stehend und zwar zuvörderst offen, am Schlusse mit aufgelegtem Deckel. — Sind die Tiegel langsam und sehr stark abgetrocknet worden, so kann man sie auch zum Stahlschmelzen anwenden, ohne sie vorher zu brennen, indess erfordern sie dann eine grössere Vorsicht beim Abwärmen vor dem Schmelzen.

Beispiel. Der Temperofen zu Sollingerhütte fasst nur vier Tiegel. Er hat 63 cm im Quadrat und gleiche Höhe. Die Tiegel werden mit kleinen Kohlen gefüllt, durch alte Deckel mit untergelegten einzelnen alten Deckelstücken (so dass Luft zum inneren Raum des Tiegels kommen kann) bedeckt und umgekehrt, das obere Ende unten, auf den Rost des Temperofens gestellt.

Nachdem die Tiegel möglichst gleichmässig von einander angeordnet sind und eine geringe Quantität brennende Kohlen auf dem Rost vertheilt ist, wird der Temperofen mit Holzkohlen von Wallnuss- bis Hühnereigrösse gefüllt. Zu kleine Kohlen würden den Rost versetzen, zu grobe Kohlen würden das Feuer zu schnell durchdringen lassen und zum Zerspringen der Tiegel beitragen. Gleich beim Einsetzen der Tiegel in den Temperofen wird der Aschenfall mittelst Thür verschlossen und in den gebliebenen Fugen mit Lehm verstrichen.

So überlässt man die Tiegel der höchst langsamen Verbreitung des Feuers von unten nach oben, also umgekehrt, wie gewöhnlich, wozu circa 3 Stunden erforderlich sind, und dann erst giebt man durch geringe Oeffnung der Thür etwas Zug, der allmälig verstärkt, endlich bis zum erforderlichen Grade der Rothglut gebracht wird.

Gewöhnlich vergehen darüber noch 4 Stunden, in welcher Zeit mehrmals Kohlen nachgegeben werden müssen, so dass das gesammte Antempern der Tiegel in der Regel 7 Stunden dauert.

Aus dem Temperofen kommen die Tiegel unmittelbar in die Stahlöfen, nachdem sie von etwa anhängenden Kohlen, besonders inwendig, vorsichtig befreit sind.

Zum Vorglühen von bereits mit dem Schmelzmateriale gefüllten Tiegeln dienen entweder Flammöfen mit Rostfeuerung oder Gasöfen. Die Tiegel erhalten nach der Füllung einen dichten Verschluss durch Auflegung des Deckels, der Pfropfen und Verschmierung aller Fugen und werden aufrecht auf die mit Schamottepulver bestreute Sohle des Ofens, jedesmal 36 bis 40 Stück gleichzeitig, eingesetzt. Die Herdräume sind Kammern von 1·8 bis 2 m im Quadrat, mit gut schliessenden Schiebethüren versehen. Wird directes Flammfeuer benutzt, so lässt man die Flamme, welche nach Möglichkeit reducirend gehalten wird, die Tiegel sogleich

umspülen. Bei Gasöfen wird das Gas durch ein Regulirventil in Kanäle geleitet, welche rechts und links unter der Ofensohle herlaufen und sich am Ende des Ofens vereinigen. Hier steigt der Gasstrom auf und mengt sich mit der Luft, welche freien Zutritt durch Seitenkanäle unter dem Ofen findet. Die aus dem so vorgewärmten Gemenge entstehende Flamme schlägt durch den ganzen Raum, geht durch mehrere kleine Oeffnungen in schmale Kanäle unter der Herdsohle zwischen den Zuführungskanälen entlang und vereinigt sich endlich in einem grösseren Kanal, welcher zum Schornstein führt.

Die Temperatur, bis zu welcher die Tiegel in diesen Glühofen gebracht werden, entspricht stets nur der dunklen, höchstens der lichten Rothglut. Es findet also kein eigentliches Brennen in dem Sinne, wie es bei anderen feuerfesten Gegenständen erforderlich erscheint, statt.

Der Temperofen wird vor dem Einsatze der Tiegel angewärmt, wenn er nicht durch den vorherigen Betrieb noch warm genug ist.

Behandlung des Materials vor dem Einfüllen in den Tiegel.

Der Rohstahl, welcher zur Gussstahlfabrikation verwendet werden soll, wird der Regel nach in Stückchen von ungefährer Würfelform benutzt. Puddel- und Bessemerstahl wird zu diesem Zwecke zuvörderst in Quadratstäbe von 1 bis 3 cm Stärke ausgeschmiedet oder ausgewalzt und dann zerbrochen oder zerschnitten. Cementstahl wird ohne weiteres in zerbrochenem Zustande, also als Plättchen verwendet; Glühstahl wird gepocht. Die einzelnen Stücke werden nach dem Bruche genau sortirt. Theils um das Brechen, theils um die Beurtheilung des Bruchs zu erleichtern, werden die Stangen oft vor dem Zerbrechen gehärtet. Dies geschieht einfach durch Einwerfen derselben im glühenden Zustande, z. B. nach vollendeter Walzarbeit, in kaltes fliessendes Wasser.

Kohlenstoffproben sind zur Controle der Sortirung durchaus erforderlich, wenn auch ein geübtes Auge selten wesentliche Fehler in der Beurtheilung begeht.

Besetzen der Tiegel mit Material ausserhalb des Schmelzofens.

Das Einsetzen des Materials in die Tiegel findet, wie bereits erwähnt, entweder vor dem Glühen derselben, also nach dem Trocknen in kaltem oder schwach warmem Zustande statt, oder aber erst nach dem Einsetzen der leeren Tiegel in den Schmelzofen. Das letztere Verfahren muss als ein Theil der Schmelzoperation behandelt werden und bedarf zuvörderst der Erläuterung der Oefen.

Das Besetzen der Tiegel ausserhalb des Schmelzofens hat den grossen Vorzug, dass es mit aller Sorgfalt geschehen kann. Dagegen steht der Nachtheil entgegen, dass beim Glühen der Tiegel leicht unter Luftzutritt eine Oxydation eintritt, welche durch keine schnellfliessende Schlackendecke gehemmt wird, wie beim Schmelzen. Auch kann man etwaige Risse oder schadhafte Stellen des Tiegels nicht so gut erkennen, als wie im Schmelzofen selbst.

Obwohl viele Ausnahmen vorkommen, so gilt doch im allgemeinen die Regel, dass Tiegel in Schachtöfen nach, Tiegel in Flammöfen vor dem Einsetzen beschickt werden.

Die kalt beschickten Tiegel werden meist grösser genommen, zu 20 bis 30 Kg Einsatz, als die warm beschickten, welche nur einen Fassungsraum bis 16 Kg erhalten (vergl. S. 610).

Beim Beschicken im kalten Zustande muss auf die Ausdehnung des Materials in der Wärme und das Schwinden der Tiegelmasse Rücksicht genommen werden, um den Tiegel nicht zu zersprengen. Man darf ihn daher nicht vollkommen dicht, wenn auch so dicht wie irgend möglich, packen.

Die Eisenwürfel oder Plättchen werden sorgfältig mit der Hand eingesetzt, etwaige kohlende Zuschläge vorher auf den Boden gebracht, schlackenbildende Pulver dagegen darübergestreut. Zuweilen setzt man längere Stücke senkrecht an den Wandungen auf und füllt die Mitte mit den Würfeln, mit Stahlschnitzeln oder dergleichen mehr.

Ist die Beschickung vollendet, so legt man den Deckel auf, setzt die Pfropfen ein und verschmiert alle Fugen sehr gut, worauf der Tiegel aufrecht stehend in den meist durch Flammfeuerung oder Gasfeuerung geheizten Glühofen kommt.

Die Arbeit wird in Räumen ausgeführt, welche sich am besten unmittelbar an den Trockenraum anschliessen, damit die Tiegel nicht aus der erhaltenen Temperatur herauskommen, ehe sie in den Glühofen gelangen.

Ein solcher Beschickungsraum ist der Regel nach ein langer und schmaler Raum, an dessen Fensterwand sich ein Tisch hinzieht. Die an dem letzteren beschäftigten Arbeiter wägen den Stahl und die etwa erforderlichen Zuschläge sorgsam ab. Je zwei bedienen sich der Regel nach einer Wage. In dem hinter dem Tische befindlichen freien Raum liegen Schienen, auf denen ein Wagen läuft, dessen Platform mit Vertiefungen versehen ist, so dass die fertig beschickten Tiegel ganz sicher darauf zum Glühofen gefahren werden können.

Die Schmelzöfen und das Schmelzverfahren.

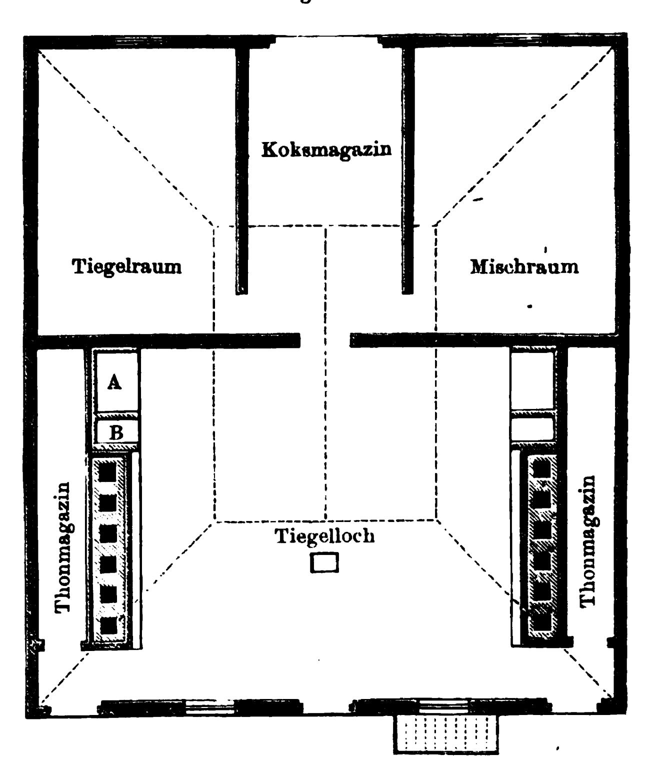
Die Schmelzöfen zerfallen in die beiden Arten der Schachtöfen und der Flammöfen. Bei den ersteren steht der Tiegel auf einem Roste und

wird von dem Brennmaterial direct umgeben, bei den letzteren stehen die Tiegel auf einer festen Sohle und werden von der Flamme eines festen oder gasförmigen Brennmaterials erhitzt.

1. Schachtöfen.

Die Schachtöfen, welche zum Gussstahlschmelzen angewendet werden, haben einen parallelepipedischen Schachtraum, dessen untere Begrenzung ein Planrost bildet, während er nach oben durch einen Schiebedeckel verschlossen ist. Die Feuergase finden ihren Abzug durch einen in der Rückwand des Ofens angeordneten Fuchs, der in die dahinter liegende Esse einmündet. Die Oefen werden reihenweis angeordnet. Ihre Gicht (obere Mündung) liegt in gleicher Ebene mit der Hüttensohle. Der Rost dagegen ist von einem grossen überwölbten unterirdischen Raume aus durch kleinere zu jedem einzelnen Ofen führende Seitengewölbe leicht zugänglich.

Fig. 171.

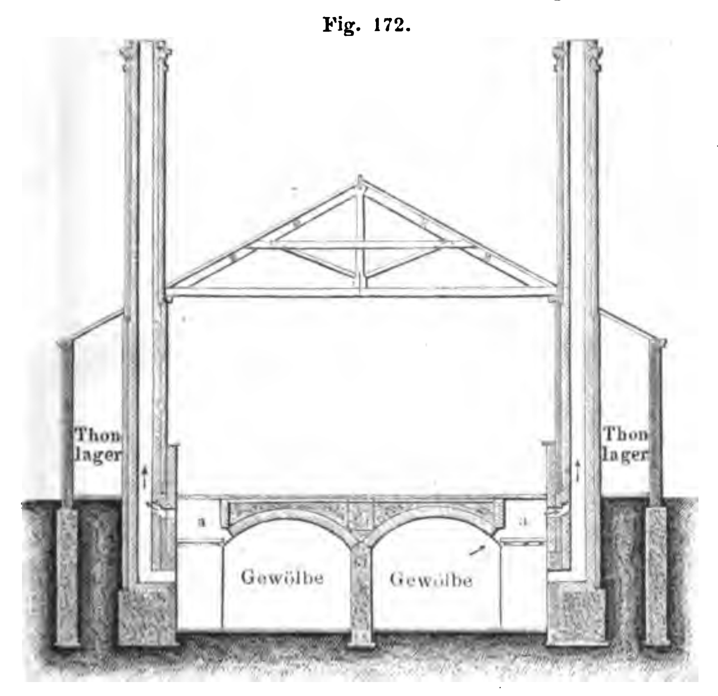


Gussstahlhütte. Grundriss.

Im Folgenden ist zuvörderst eine kleine Anlage von 12 Oefen nach Percy [1]) beschrieben, zu der die Zeichnungen von Sanderson in Sheffield gemacht wurden. [Figuren 171, 172, 173 und 174 (a. S. 636 und 637].

Jeder Ofen hat zwar seinen eigenen Fuchs und seine eigene Esse, aber die Essen jeder Ofenreihe sind, wie sich aus Figuren 171 und 174 ersehen lässt, in ein einziges Rauhgemäuer eingefasst. Das Mauerwerk der Esse hat eine Breite von circa 1·02 m und, da der Abstand zweier Essenmittel der Regel nach 83 cm beträgt, $(n + 1) \times$ 83 cm Länge, wenn n die Zahl

Fig. 172.



Gussstahlhütte. Verticalschnitt.

der Oefen ist. Der Ofen (a) ist oben durch circa 2·6 cm starke gusseiserne Platten umkränzt, welche mit einer Breite von circa 10 cm aufliegen.

Die eigentliche Mündung (Gicht) des Ofens ist mit einem Schieber überdeckt, welcher aus einem mit einem feuerfesten Steine ausgefütterten oder mit feuerfester Masse ausgestampften schmiedeisernen Rahmen besteht. An der Mitte der einen Seite des Rahmens befindet sich ein Handgriff, mittelst dessen der Deckel abgezogen wird. Die Hüttensohle ist bis an den Ofen heran ebenfalls mit gusseisernen Platten belegt. Ein solcher Ofendeckel ist in Fig. 175 (a. S. 637) abgebildet.

[1]) Iron, p. 830.

Man erkennt aus dieser Anordnung, dass ein Niveauunterschied von mindestens 2 bis 3 m für die Anlage einer Gussstahlhütte erforderlich und daher ein etwas abfallendes Terrain, welches zwei natürliche Sohlen giebt, am günstigsten ist.

Der Aschenfall eines jeden Ofens ist durch eine Querrösche mit der gemeinschaftlichen Hauptrösche (Gewölbe) verbunden. Die Anordnung eiserner Thüren in jeder Querrösche, welche zur Abstimmung des Zuges früher gebräuchlich waren [1]), ist jetzt ganz ausser Gebrauch gekommen,

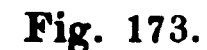
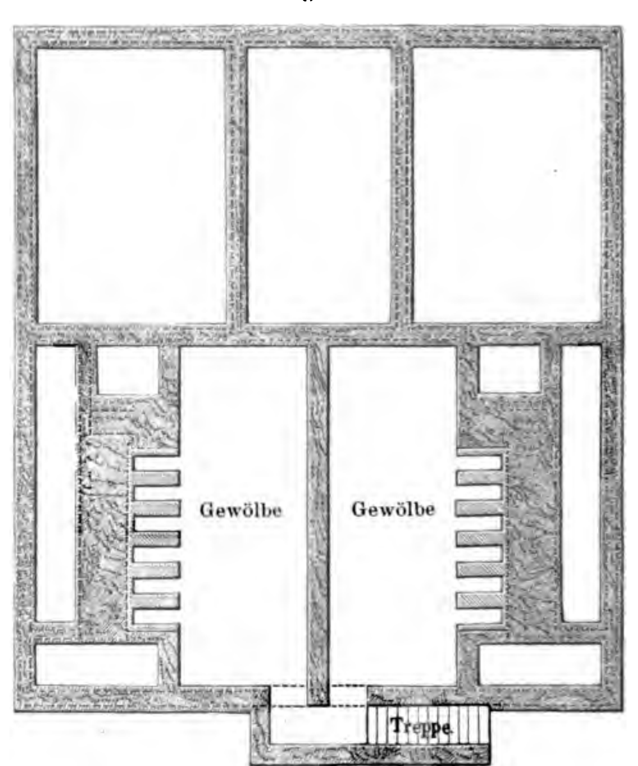


Fig. 173.



Gussstahlhütte. Horizontalschnitt unter den Rosten.

dagegen wendet man mit Vortheil Unterwind an und schliesst die Hauptröschen dann gegen aussen durch eiserne Doppelthüren ab, wie dies bei den Puddelöfen Seite 173 beschrieben worden ist.

Die englischen eintiegeligen Oefen haben 106·68 cm Höhe und 30·48 cm im Quadrat Weite; zuweilen findet man sie nach oben etwas zusammengezogen, was dadurch erreicht wird, dass man jede Steinreihe oberhalb des Fuchses um etwas nach innen überkragen lässt.

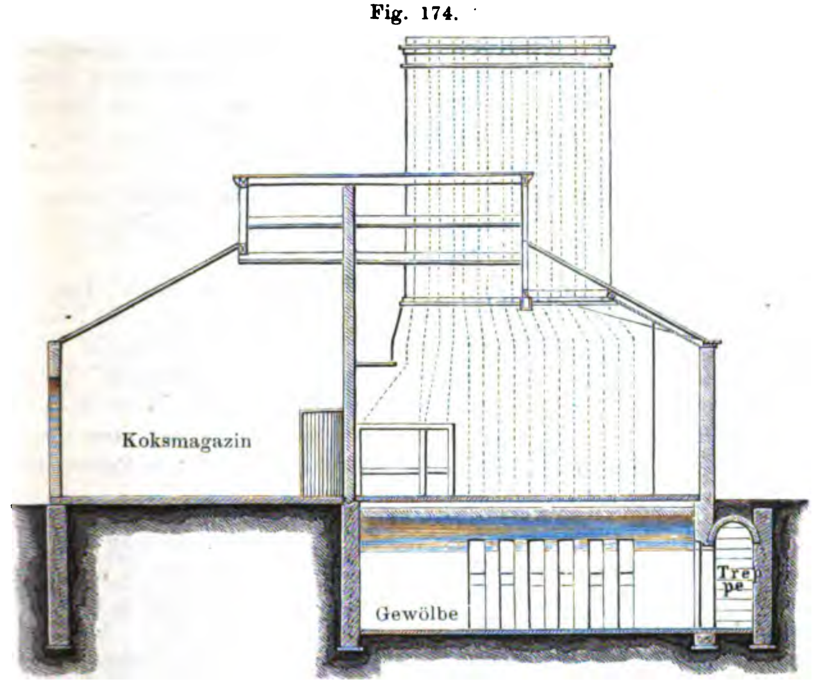
---

[1]) Karsten's Archiv, I. Reihe, 8. Band (1824), S. 544.

Der Fuchs liegt der Regel nach 43·17 cm über der Rostfläche und ist 15·23 cm im Quadrat weit.

Neuere Oefen haben 0·80 m vom Rost zum Fuchs und 1·00 m vom Rost zur Gicht, einen Horizontalquerschnitt von 40 mal 40 cm für einen

Fig. 174.

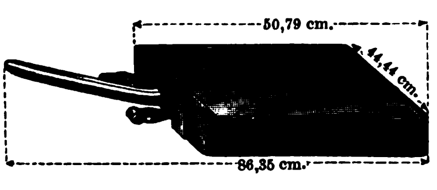


Gussstahlhütte. Verticalschnitt durch ein Gewölbe.

Tiegel, von 42 mal 55 cm für zwei Tiegel und 55 mal 60 cm für vier Tiegel.

Ein- und zweitieglige Oefen erhalten fünf Roststäbe, deren Stärke 25 bis 35 mm beträgt.

Fig. 175.



Ofendeckel.

Nach Malmedie erhalten viertieglige Oefen nur 94·16 cm Höhe, dagegen 70·62 cm im Quadrat und einen 20·92 cm breiten, 15·69 cm hohen Fuchs.

Im allgemeinen erhalten mehrtieglige Oefen eine Breite, welche mit jedem Tiegel um den grössten Durchmesser desselben plus 1 cm wächst. Dasselbe gilt von der Länge (Entfernung der Fuchswand von der Vorwand), wenn die Tiegel in mehreren Reihen aufgestellt werden. Der Regel nach ordnet man zwei und drei Tiegel in einer Reihe, vier, sechs und acht Tiegel in zwei, neun oder zwölf Tiegel endlich in drei Reihen an.

Bei solchen mehrtiegligen Oefen nimmt der Fuchs oft beinahe oder vollständig die ganze Breite des Ofens ein und wird, wenn er für einen zweckmässigen Zug zu gross ausfällt, durch aufrecht gestellte lose Ziegeln verengt.

Die Esse verlängert sich nach unten in einen Aschen- und Staubsack, welcher durch eine Eisenblechthür vom Aschenfall aus zugänglich ist. Ausserdem ist der Theil unterhalb des Rostes oft noch durch einen schmalen, mittelst eines Ziegels verschliessbaren Kanal mit der Rösche in Verbindung gesetzt, um nach dem Gusse die Rösche durch starken Zug kühlen zu können, ohne denselben durch den Ofen streichen lassen zu müssen.

Der Rost wird von zwei Balken von 5 cm Stärke im Quadrat getragen und besteht aus 2·5 bis 3·5 cm starken Stäben, welche lose aufliegen und von der Rösche aus herausgezogen werden können.

Die Oefen sind mit sehr feuerfestem Material ausgemauert. Entweder bedient man sich dazu der besten feuerfesten Ziegeln oder der Dinasziegeln, auch der kieselsäurereichen Ganistersteine [1]); ursprünglich wurden die Oefen aus Masse um ein hölzernes Modell ausgestampft. Diese Methode wird jetzt nur noch ausnahmsweis benutzt. Die Masse besteht dann der Regel nach aus dem Staub der mit Ganister gepflasterten Heerstrassen oder aus geglühtem und mit Wasser angefeuchtetem Pulver der Conglomerate des flötzleeren Sandsteins.

Zur Ersparung an feuerfestem Material setzt man die Esse nur im unteren Theile, 2 bis 3 m hoch, mit der besten Qualität davon aus und nimmt oben billigere Ziegeln. Unter den feuerfesten Thonziegeln wird gewöhnlich denen aus Stourbridge-Thon [2]) der Vorzug gegeben. Als Mörtel wird ein Gemenge zerstossener Ziegeln mit der Hälfte rohen Thons benutzt. Die Steine werden vor der Verwendung gegeneinander abgerieben, in Wasser getaucht und mit dem sehr steifen Mörtel eingerieben, um möglichst schwache Fugen zu erhalten.

Ein Ofen erfordert durchschnittlich alle Monate eine gründliche Reparatur.

Beispiel. Als Beispiel mögen die vier Oefen der fiscalischen Gussstahlhütte zu Sollingen dienen:

Die Gussstahlöfen gehören in die Kategorie der Zugöfen und gleichen sich unter einander; bei 94 cm Höhe, 63 cm Länge, 39 cm Weite giebt jeder zwei Tiegeln hinreichenden Raum, so dass im Ganzen in acht Tiegeln zugleich geschmolzen werden kann. Unter jedem Ofen ist ein Aschenfall von 2 m Tiefe, vor den Aschenfällen ist ein gemeinschaftlicher Zugkanal aufgemauert, der nach Osten und Westen mündet und nach Gefallen geöffnet oder geschlossen werden kann, und in welchen ein bedeutender Strom Wasser zur schnellen Abkühlung der durchfallenden Zünder geleitet wird.

---

[1]) Vergl. S. 346. — [2]) Vergl. S. 612, sowie Bd. I, der Metall. S. 217.

Die Roste der Gussstahlöfen, aus einzelnen Stäben bestehend, sind beweglich und können nach Erforderniss enger oder weiter gestellt, auch beim Reinigen des Ofens ganz ausgezogen werden.

Zum Verschluss der Gussstahlöfen dienen Deckel von feuerfesten Steinen, die in Stabeisenrahmen eingemauert und auf der mit Eisenplatten abgedeckten Hüttensohle festgeschroben sind. Sie lassen sich um einen Stift drehen, wenn die Ofenmündung freigemacht werden soll. Die Verbindung jedes Ofens mit seiner Esse ist durch einen horizontalen Fuchskanal, der dicht unter dem Deckel mündet, und einen Querschnitt von 21 cm Breite bei 16 cm Höhe hat, hergestellt. Die Höhe der Essen beträgt 12·5 m, der Querschnitt 26 cm ins Gevierte. Sowohl die Ofenschächte, als die Fuchskanäle und die unteren Hälften der Essen werden mit feuerfesten Steinen ausgemauert, welche aus Pfeifenthon mit Zusatz von $^2/_3$ gebrannten Thons derselben Sorte geformt und stark gebrannt sind.

Bei der ausserordentlich grossen Hitze, der die Ofenschächte und Fuchskanäle ausgesetzt sind, müssen diese Theile nach höchstens drei Wochen anhaltenden Gebrauchs erneuert werden, selbst der unterste Theil der Essen bedarf von Zeit zu Zeit einer Reparatur.

Abweichungen.

Man hat mit Erfolg versucht, die Abhitze der Oefen zur Dampfkesselfeuerung anzuwenden. Zu diesem Zwecke werden je zwei mit den Füchsen gegen einander gerichtete Ofenreihen mit einem dazwischenliegenden Dampfkessel verbunden. Häufig ist dies ein liegender Siederohrkessel; jedoch leitet man auch die abgehenden Gase durch das Feuerrohr eines verticalen Kessels, am empfehlenswerthesten ist aber die Einrichtung eines einfachen stehenden Cylinderkessels. Ein solcher Kessel wird in der Seite 189 u. f. angegebenen Art construirt.

Alle dort bei Gelegenheit der Benutzung der Abhitze aus Puddelöfen zur Dampferzeugung (S. 193) angegebenen Vorsichtsmaassregeln müssen beim Gussstahlschmelzen in erhöhtem Maasse angewendet werden, namentlich ist es erforderlich, die Möglichkeit zu schaffen, die Gase von dem Kessel schnell absperren zu können, weshalb entweder ein Umleitungskanal oder Fuchsdeckel[1]) oder beide Vorrichtungen anzuwenden sind.

Ueber die zweckmässige Benutzung des Unterwindes ist bereits gesprochen[2]). Man hat mit dem Unterwinde bei Verwendung von Holzkohlen nicht die geringste Schwierigkeit, bei Koks will man Nachtheile erhalten haben, welche darin bestehen sollen, dass sich in der halbflüssigen Koksasche Schlackenröhren bilden, welche den Wind ungleichmässig vertheilen und dadurch nachtheilig wirken. Dies kann indessen nur geschehen, wenn man den einzelnen Aschenfall abschliesst und dadurch unzugänglich für den Arbeiter macht, nicht aber wenn der Unterwind die

[1]) S. 197. — [2]) S. 637.

ganzen Kanäle erfüllt und der Arbeiter ungehindert den Rost reinigen kann.

Als eine weitere Abweichung von der vorher beschriebenen Anordnung ist, namentlich dann, wenn Dampferzeugung durch die Abhitze mit dem Betriebe verbunden wird, die Einleitung zahlreicher Füchse in einen gemeinschaftlichen zu einer hohen Esse führenden Kanal anzuführen. Der Regel nach ist man aber wieder von dieser die Regulirung des Zuges der einzelnen Oefen wesentlich erschwerenden Einrichtung abgekommen.

Zu Döhlen bei Dresden, wo man 20 viertiegelige Oefen hat, werden die Gase in zwei Heizkanäle geleitet, die sich schliesslich vereinigen und in eine 47 m hohe Esse münden. Der dort stattfindende hohe Koksverbrauch (550 Kg auf 100 Kg Stahl) mag zwar theils in der schlechten Beschaffenheit des Brennmaterials, wohl aber auch in dieser Einrichtung seinen Grund haben.

Man hat ferner vorübergehend Versuche gemacht, in Schachtöfen mit der Flamme von Steinkohlen, Braunkohlen etc. zu schmelzen, wurde aber naturgemäss von derartigen Einrichtungen auf die vollkommenere der Gasöfen geführt, welche später beschrieben werden.

Man hatte zu diesem Zwecke auch zwei Roste angeordnet, nämlich einen unten liegenden gewöhnlichen Rost zur Verbrennung und darüber ein durchbrochenes Gewölbe oder einen Steinrost, auch wohl einen Rost aus gekühlten Röhren, auf welchem die Tiegel standen [1]).

Einen Uebergang zu den eigentlichen Flammöfen bildete eine ebenfalls nicht empfehlenswerthe Einrichtung, bei welcher die auf einem Mittelroste verbrannte Steinkohle zur Erhitzung der auf zwei seitlichen Herden aufgestellten Tiegeln dienen sollte.

Einsetzen und Füllen der Tiegel.

Der Ofen wird, nachdem der Käse sauber eingelegt ist, am Boden mit brennenden, dem Glühofen entnommenen Steinkohlen oder mit glühenden Koks beschüttet. Hierauf wird die Oberfläche des Käses gereinigt und der glühende Tiegel darauf gesetzt. Zur Sicherung des Bodenpfropfens [2]), der schwächsten Stelle, wird eine Handvoll Sand hineingeworfen. Der Regel nach wird der Deckel lose aufgelegt. Sodann werden leicht entzündbare Koks aufgefüllt, der Tiegel kommt schnell in hohe (Weissglut) Temperatur [3]) und ist in 20 Minuten zur Aufnahme der Beschickung bereit.

Nun wird ein blecherner Trichter aufgesetzt, dessen Form und Grösse aus Fig. 176 ersichtlich ist, und durch diesen der Stahl eingeschüttet. Hierauf kommt der Deckel auf den Tiegel und der Ofen wird ganz mit dichten Koks gefüllt.

---

[1]) Jackson. — [2]) Siehe S. 623. — [3]) Der Engländer sagt: The pot is brought up.

Zuweilen setzt man den Trichter zugleich mit der Füllung von Stahlstücken auf und damit diese nicht herausfallen, ehe es Zeit dazu ist, verschliesst man die untere Oeffnung entweder vermittelst eines Papierpfropfens oder steckt eine schräg liegende Eisenstange hinein. Ersterer verbrennt, letztere wird herausgezogen.

Fig. 176.



Fülltrichter.

Statt dieser Methode wendet man auch zuweilen die Eintragung mittelst Zangen ohne Trichter an. Man setzt längere Stahlstücke (welche etwas kürzer als die Tiegelhöhe, etwa 25 cm lang, sind) senkrecht an die Wandungen und füllt dann den inneren Raum mit kleinen Stücken (Würfeln von ungefähr 10 bis 20 cbcm).

Zuweilen setzt man noch obenauf Stahlabfälle, wie Blechabschnitzel, Drahtenden u. s. w.

Der Grund, den man für die Regel anführt, bei den Schachtöfen den Stahl erst nach dem Einstellen des Tiegels in den Ofen einzusetzen, ist der, dass sich mit grösserer Leichtigkeit etwaige Fehler der Tiegel (Sprünge und Risse) wahrnehmen lassen und der Tiegel in solchen Fällen noch vor dem Gebrauche ausgewechselt werden kann und dass deshalb ohne Gefahr ein Tiegel mehrmals gebraucht werden kann.

Da sich das Schmelzen an das Antempern der Tiegel unmittelbar anschliesst, so müssen die Schmelzöfen so weit angewärmt sein, dass die zur Rothglut gebrachten Tiegel in eine ähnliche Temperatur gelangen. War der Ofen beim Einsetzen der Tiegel zu warm, so folgt die Temperaturerhöhung zu schnell und die Tiegel reissen; bei zu kaltem Ofen, zu wenig bedecktem Rost, oder zu schwer entzündbaren Koks erleiden die Tiegel im Anfange eine Abkühlung und die durch den Rost dringende kalte Luft trägt ebenfalls zum Reissen der Tiegel bei. Da sich die Temperatur des Ofens nicht leicht messen lässt, erfordert die Beurtheilung des richtigen Hitzegrades einen durch Uebung geschärften Blick. Je geringer die Güte des Tiegelmaterials, um so grösser muss die Vorsicht sein. Die Oefen werden der Reihe nach so behandelt, ehe zum Beschicken geschritten wird, bei welchem dieselbe Reihenfolge innegehalten werden muss. Man hält indessen zwischen je zwei Oefen gern eine Zeitpause von 15 Minuten ein, um später beim Ausguss die gleiche Zwischenzeit zu gewinnen.

Sind die Tiegel bereits vor dem Glühen besetzt worden (vgl. S. 633), so fällt natürlich die eben beschriebene Arbeit aus. Es werden dann die Tiegel mittelst kräftiger Zangen auf die vorher eingelegten Käse gestellt, mit leicht brennenden Koks bis zur Hälfte umgeben und dann mit gewöhnlichen Schmelzkoks ganz umschüttet und überdeckt.

Zuweilen schliesst man den Ofen kurze Zeit, nachdem er halb gefüllt ist, um ein vollständiges Entflammen des Brennmaterials zu erreichen.

Schmelzen.

Nachdem die Tiegel besetzt sind und der Ofen mit Koks gefüllt ist, geht das Schmelzen gleichmässig voran [1]). Nach $^3/_4$ Stunden werden frische Koks aufgegeben und in manchen Fällen (z. B. beim Werkzeugstahlschmelzen in Sheffield) untersucht der Schmelzer nach Entfernung des Deckels den Grad der Schmelzung, um je nach dem Resultat mehr oder weniger Koks aufzugeben. Das Abheben des Deckels geschieht mit der in Fig 177 abgebildeten Zange.

Fig. 177.

164,94 cm.

Das Aufgeben der Koks erfolgt vermittelst kleiner mit Henkel und Handgriff versehener Gefässe aus Eisenblech und zwar entweder alle $^1/_2$ Stunden oder alle ganze Stunden, im letzteren Falle jedesmal circa 20 bis 25 Kg.

Zuweilen schmilzt man einen ersten Einsatz von Stahl 1 bis $1^1/_2$ Stunden lang und giebt dann erst den Rest ein, nachdem man sich nach Abhebung des Deckels vom gehörigen Niedersetzen des Stahls überzeugt hat.

Findet sich, dass Koks in den Ecken des Ofens hängen bleiben, so müssen diese niedergestossen werden. Zeigt sich eine Neigung des Tiegels, so muss diese sogleich gehoben und der Tiegel gerade gestellt werden.

Der Rost wird beständig rein und klar gehalten. Ausserdem beobachtet man an ihm ein etwaiges Leckwerden eines Tiegels, welches sich leicht an den aussprühenden Funken erkennen lässt. Zeigt sich eine solche Erscheinung, so wird der Tiegel sofort ausgehoben, auch wenn die Schmelzung noch nicht vollendet war.

Nach 3 bis 6 Stunden beim ersten Schmelzen, in kürzerer Zeit bei bereits ganz heissem Ofen, pflegt der Stahl gar, d. h. fertig zum Guss zu sein. Man richtet sich hierbei zwar sehr häufig nach den mit gleichen Schmelzmaterialien gemachten Erfahrungen, oft aber giebt das Aussehen des Stahls, nachdem der Deckel abgehoben ist, das Kennzeichen; nicht selten überzeugt man sich von der

---

[1]) Die Zeit wird genau notirt, oft durch einen festzustellenden Zeiger an einer Uhr.

Gare des Stahls durch Eintauchen einer schwachen Eisenstange (des Spiesses), welcher keinen Widerstand finden und beim Herausziehen helle Funken sprühen muss.

Ist der Stahl noch zu dickflüssig, so setzt er sich an den Spiess in zackiger oder ungleichförmig körniger Art an, ist er hinreichend dünnflüssig, so bildet er eine glatte, gleichmässige Nase.

War der Deckel zur Untersuchung abgehoben, so setzt man ihn wieder auf und unterhält das Feuer noch 8 bis 10 Minuten.

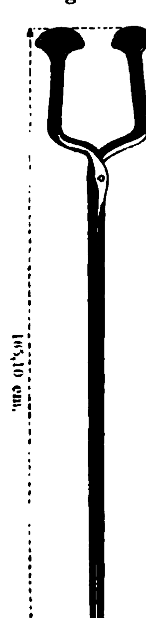
In allen Fällen müssen vor Beendigung des Schmelzens die Koks soweit niedergebrannt sein, dass man ohne Schwierigkeit den Tiegel mit der Zange packen kann. Aus diesem Grunde giebt man zuletzt (oft schon in $1^1/_4$ Stunden vor dem Schluss) keine frischen Koks mehr auf.

Der Fall, dass nachdem der Stahl auf die Gare untersucht ist, nochmals frische Koks aufgegeben werden müssen, darf bei einem geregelten Betriebe nicht vorkommen.

Das Ausheben der Tiegel.

Ist der Stahl gut geschmolzen und für den Guss geeignet (*ready for teaming*), so stellt sich ein Arbeiter (*puller out*), gewöhnlich der Meister,

Fig. 178.



der sich ganz in mehrfache Lagen von grober Leinwand oder Flanell gekleidet und mit Wasser besprengt hat, über die geöffnete Gicht des Ofens und hebt, während gleichzeitig ein Hülfsarbeiter (*cellar lad*) von unten mittelst einer Brechstange den Käse anhebt und von der ihn mit dem Roste verkittenden Schlacke löst, Tiegel sammt anhaftendem Käse vermittelst der in Fig. 178 abgebildeten Zange mit einem kräftigen Schwunge heraus und trägt ihn entweder zu der Giessstelle oder in das Tiegelloch (*teaming hole*), einen gusseisernen Kasten [1]) von etwa 47 cm Länge, Breite und Tiefe, der in die Hüttensohle eingelassen und zum Theil mit Koksstaub gefüllt ist. Der Zweck des letzteren ist, die Berührung des Tiegels mit den Eisenwänden zu verhüten, ihn vor Abkühlung zu schützen und ihm einen sicheren Stand zu geben. Hier wird der Deckel abgehoben und auf den zuvor ausgegossenen Tiegel gelegt, der dann sofort in den Ofen zurückgeht, wenn er nochmals gebraucht werden kann.

Dies zuletzt beschriebene Verfahren vereinfacht sich wesentlich, wo man die Tiegel nur einmal braucht. Dort werden dieselben nach erfolgtem Gusse einfach bei Seite geworfen.

Umgekehrt vermehrt sich die Arbeit zuweilen noch

[1]) Vergl. Fig. 171.

durch die für die Erhaltung der Tiegel gewiss nur empfehlenswerthe Einschaltung eines Glühofens. In diesem Falle wird nach vollendetem Gusse der Tiegel, an dessen Boden der Untersatz festgeschmolzen, mit einem Beile vom Schlackenansatz befreit und dann schnell in den kleinen Glühofen (meist einen nach Art der Schmelzöfen construirten Raum) gesetzt, der einige Zeit zuvor angewärmt sein muss. Auch der zweite Tiegel wird ebenso behandelt. Während soviel Tiegel im Glühofen stehen, als in einen Schmelzofen gehören, reinigen die Schmelzer den Stahlofen von allen Schlackenansätzen, indem sie den Rost ausziehen und mit der Brechstange die Schlacke von den Wänden abstossen, was bei stark schlackenden Koks sehr sorgfältig geschehen muss.

Diese Arbeit wird möglichst schnell gefördert, damit der Schmelzofen nicht zu kühl wird. Dann wird der Rost eingelegt und die Tiegel werden aus dem Glühofen wieder eingesetzt und mit Koks umgeben, worauf die zweite Schmelzung folgt.

Hat man Koks, welche nicht ganz trockene Asche geben, so zieht man auch vor dem Ausheben die an den Seiten des Ofens befindlichen Roststäbe heraus und stösst die anhängenden Koks durch die entstandenen Oeffnungen in den Aschenfall. Dies geschieht übrigens in allen Fällen nach dem Ausheben behufs der Reinigung der Ofenwände vor der nächsten Schmelzung.

Durch den um den Untersatz sich bildenden Schlackenrand kleben die Tiegel zuweilen so fest mit den Wänden des Stahlofens zusammen, dass nicht allein drei Arbeiter beim Ausheben des Tiegels oben erforderlich sind, sondern auch der Bursche unterem Rost mittelst einer Hebestange, auf empfangenes Zeichen durch Klopfen, das Ausheben kräftig unterstützen muss, weil sonst der Fall sich ereignen könnte, dass der Tiegel unten festgehalten und zerrissen würde, wobei der geschmolzene Stahl verloren ginge.

Die Kleidung des Schmelzers ist nicht gleichgültig. Die Beine sind der Hitze am meisten ausgesetzt; sie müssen daher am besten durch Zeuglagen, die gewöhnlich aussen noch gegen das directe Verbrennen durch eine Eisenblechschiene geschützt sind, bedeckt werden. Die Hände und Unterarme sind in Säcke aus Segeltuch, welches aussen stark befeuchtet ist, gehüllt.

Zeit der Schmelzungen.

Es ist bereits oben angeführt, dass die Schmelzung 3 bis 6 Stunden dauert. Die Zeit ist hauptsächlich von der Beschaffenheit der Koks abhängig, dann aber auch von der Wanddicke der Tiegel. Je besser erstere, je schwächer letztere ist, um so geringer fällt der Zeitaufwand unter sonst gleichen Verhältnissen aus.

Ausserdem hat der Kohlenstoffgehalt des Stahls, mit dessen Abnahme bekanntlich der Schmelzpunkt wächst, einen erheblichen Einfluss.

Hinsichtlich des Zuges kann durch die Arbeiter viel geschehen. Durch Reinigen des Rostes kann der Zug lebhaft und die Erhitzung gleichmässig erhalten, durch theilweises Schliessen der Zugklappen oder Temper auf den Essen ein zu heftiger Zug vermindert werden. Letzteres ist z. B. bei Sturm erforderlich, weil sonst zuviel kalte Luft in den Rost strömt und den unteren Theil des Tiegels abkühlt, wenn auch am oberen eine höhere Temperatur erzielt wird.

Man braucht für die erste Schmelzung bei wiederholtem Gebrauche der Tiegel die längste Zeit, bei den folgenden Schmelzungen nimmt die Zeit, aber auch der Fassungsraum der Tiegel ab.

So erfordert in Sollinger Hütte die erste Schmelzung bei 12·5 bis 13·5 Kg Einsatz 4 bis 4½ Stunden, die zweite Schmelzung bei 11 bis 12 Kg Einsatz 3¼ bis 3¾ Stunden, die dritte Schmelzung bei 10 bis 11 Kg Einsatz nur 2¾ bis 3 Stunden. Beim Nachsetzen von Stahl zum Behufe der Erzielung grösserer Gussstücke bis zu 15 Kg verlängert sich die erste Schmelzung um circa 1 Stunde, da der Nachsatz erst erfolgt, wenn der erste Satz ziemlich niedergeschmolzen ist, und dabei eine Abkühlung eintritt.

In Westfalen pflegt man da, wo die Tiegel im Ofen beschickt werden, dieselben Nachts anzuwärmen, Morgens 6 Uhr einzusetzen, den Ofen bis zum Rande mit halb warmen Koks zu füllen, darauf den Rohstahl einzusetzen, den Deckel aufzulegen und sofort den Ofen ganz mit kalten Koks zu füllen und den Ofendeckel aufzuschieben. Diese Arbeit dauert etwa bis 7 Uhr. Um 9 Uhr wird von neuem Koks nachgefüllt, und in 1½ bis 2 Stunden nochmals. Um 12 Uhr ist bei Oefen mit 9 Tiegeln die erste Schmelzung vollendet und der Guss erfolgt. Die zweite Schmelzung dauert, obwohl das Giessen dazwischenliegt, nur bis 6 Uhr Abends.

Aufwand.

Brennmaterial.

Zum Schmelzen des Gussstahls ist eine sehr hohe Temperatur erforderlich. Dieselbe muss so schnell als irgend möglich nach dem Einsetzen des Rohstahls erreicht werden. Aus diesem Grunde lässt sich nur mit Vortheil ein Brennstoff verwenden, welcher in kleinem Rauminhalt möglichst viel Kohlenstoff umschliesst. Das einzige gut geeignete Brennmaterial sind daher dichte Koks. Die leichteren (z. B. Obernkirchener) Koks sind, wenn sie auch zu gleichem Preise erstanden werden, ihrer lockeren Natur wegen, weniger wirksam und deshalb jenen nachzustellen. Indess lässt sich eine geringe Menge solcher Koks gerade ihrer leichten Entzündlichkeit wegen zur ersten Füllung der Oefen recht gut gebrauchen, wie oben angeführt wurde.

Der Brennmaterialaufwand wächst um so mehr, je öfter der Ofen

abgekühlt wird. Er beträgt daher am wenigsten, wo mehrere Schmelzungen auf einander folgen. Andererseits wächst der Brennmaterialaufwand aber auch mit der Länge des Betriebes eines und desselben Ofens, weil sich der letztere allmälig erweitert und dann mehr Brennstoff erfordert. Weniger Einfluss hat bei an sich brauchbaren Koks die Art des zu erzeugenden Stahls.

Die alten eintiegeligen Oefen verbrauchten 500 bis 600 Kg Koks auf 100 Kg Stahl, die zweitiegeligen haben nur 330 bis 400, die viertiegeligen endlich nur 200 bis 250, ja zuweilen nur 180 Kg nöthig [1]). Viel geringer wird das Verhältniss bei sechs-, acht- und neuntiegeligen Oefen nicht, weil behufs einer gleichmässigen Erhitzung ein langsamerer Betrieb nöthig ist; ja der Regel nach darf man selbst bei neuntiegeligen Oefen kaum unter 250 Kg rechnen, während man oft auch hier auf 400 Kg steigt.

Auf westfälischen Werken verbraucht man in neuntiegeligen Oefen in 12 Stunden 1000 Kg Koks im Durchschnitt, auf zwei Schmelzungen, d. h. etwa 400 Kg auf 100 Kg Stahl, wenn mit der Abhitze Dampfkesselfeuerung verbunden ist, was allerdings aus ökonomischen Gründen gegen letztere Einrichtung zu sprechen scheint.

Die Kosten des Brennmaterials sind bei weitem die hervorragendsten bei der Gussstahlerzeugung. Gruner [2]) giebt sie auf 1000 Kg Stahl folgendermaassen an:

Eintiegelige Oefen.

Koks . . . . . . 5000 bis 6000 Kg =	100	bis	120	Rmk.
Tiegel	28·8	„	40	„
Handarbeit	20	„	24	„
Unterhaltung der Oefen	9·6	„	12	„
Gezähe	4	„	4	„
	162·4	bis	200	Rmk.

Zweitiegelige Oefen.

Koks . . . . . . 3500 bis 4000 Kg =	70	bis	80	Rmk.
Tiegel	28·8	„	40	„
Handarbeit	16	„	20	„
Unterhaltung der Oefen	9·6	„	12	„
Gezähe	4	„	4	„
	128·4	bis	156	Rmk.

Viertiegelige Oefen.

Koks . . . . . . 1800 bis 2500 Kg =	36	bis	50	Rmk.
Tiegel	35·2	„	50	„
Handarbeit	20	„	21·6	„
Unterhaltung der Oefen	9·6	„	12	„
Gezähe	4	„	4	„
	104·8	bis	137·6	Rmk.

Die Tiegelkosten wachsen hiernach übrigens bei viertiegeligen Oefen bedeutend und zwar nur wegen der ungleichmässigeren Erhitzung, welche

[1]) Vergl. Etat présent de la Métallurgie p. Gruner et Lan, II, p. 750. — [2]) Loc. cit.

eine schnellere Zerstörung herbeiführt und selten eine mehrmalige Ausnutzung zulässt.

Nach Seeborn in Sheffield [1]) sind die Erzeugungskosten des Stahls daselbst im Durchschnitt pro 1000 Kg Stahl:

Koks [2])	76	Rmk.	—	Pf.
Tiegel	12	„	—	„
Handarbeit	50	„	—	„
Ofen und Gebäude	4	„	—	„
Bruch und Ausschuss	7	„	50	„
Gussformen und Gezähe	4	„	—	„
Feuerfeste Ziegeln	2	„	—	„
Nebenmaterialien	2	„	—	„
Geschäftsunkosten (5 Proc.)	8	„	50	„
	166	Rmk.	—	Pf.

Zu Hirchwang hat man bei Verwendung von Holzkohle und Unterwind (100 bis 280° C.) in Oefen zu 7 Tiegeln und bei einer Schmelzzeit von 4 Stunden auf 100 Kg Stahl nur 200 bis 226, ja bei längerem Betriebe sogar nur 150 bis 175 Kg Brennmaterial gebraucht, während andere österreichische Werke, so lange sie sich der Holzkohlen bedienten, kaum weniger als 800 bis 900 Kg nöthig hatten [3]). Wo irgend Koks zu beschaffen sind, zieht man diese indessen der Holzkohle vor.

Abbrand.

Je besser die Ausführung des Processes, um so geringer der Abbrand. Man kann ihn abgesehen von Schalen, Enden und Ausschuss, d. h. also durch Verschlackung und Zurückbleiben im Tiegel, auf 3 bis höchstens 5 Proc. veranschlagen.

Bei vier- und mehrtiegeligen Oefen ist der Abbrand gewöhnlich etwas grösser, in Folge der ungleichmässigen Erhitzung.

Sehr wesentlich steigt natürlich der Metallverlust, sobald ein Durchbrennen der Tiegel und ein Durchgehen des Stahls stattfindet.

Es ist schon vorläufig erwähnt worden, und wird später bei den Zuschlägen noch genauer erläutert werden, dass jeder Rohstahl brauchbar für die Darstellung von Gussstahl ist. Indessen wird die Qualität des letzteren immer in erster Linie von der Beschaffenheit des Rohmaterials abhängen. Bezüglich des Gewichtsabganges ist zu bemerken, dass ein um so grösserer Verlust stattfindet, je schlackenreicher das Material war. Daher giebt Bessemerstahl am wenigsten, Herdstahl einen mittleren und Puddelstahl den grössten Abgang.

[1]) Vergl. Kerpely, Ungar. Berg- und Hüttenm. Zeit. 1873 und Fortschritte 1871 bis 1873, S. 693. — [2]) Einschliesslich Steinkohle zum Wärmen und Glühen der Tiegel. — [3]) Kerl, Hüttenkunde III, S. 724.

Arbeiterpersonal.

Die zum Gussstahlschmelzen erforderlichen Arbeiter bestehen der Regel nach in einem Meister, welcher ausser der Leitung des Schmelzprocesses auch das Ausheben des Tiegels besorgt, zwei Schmelzern und einem Burschen, welcher sich am Rost aufzuhalten hat. Schon oben ist erwähnt, dass die ausserordentliche Hitze, welche von denselben zu ertragen ist, besondere Schutzmittel gebietet, die in panzerähnlichen, aus vielfach übereinander genähter grober Leinwand hergestellten und angefeuchteten Anzügen bestehen, namentlich zum Schutze der Beine und des Unterleibs. Ausserdem sind Hüte mit grossem Rande erforderlich zum Schutz des Gesichts gegen Verbrennung beim Sprühen des Stahls und beim Abhauen der Schlacke von den Tiegeln.

Als ein erfolgreiches Mittel gegen Athmungsbeschwerden, die durch Hitze sowohl, als durch die kohlenoxydreichen Gase entstehen, wird ein vor dem Munde getragener, mit kaltem Wasser oder besser noch mit verdünntem Essig angefeuchteter Schwamm bezeichnet, der entweder vorgebunden oder mit den Lippen gehalten wird.

Der Versuch, die Augen mittelst blauer oder grüner Brillen zu schützen, bewährt sich nicht, weil auf die Dauer die Fassung unerträglich heiss wird und die Augen hinter den Gläsern schliesslich mehr von der Hitze leiden, als ohne dieselben. Glimmerblättchen ohne Metallfassung würden sich besser eigenen als Glas, wenn sie nicht schnell trübe würden.

2. Gasöfen.

Tunner scheint 1854 zuerst die Möglichkeit mit Gas Tiegelgussstahl zu schmelzen hervorgehoben zu haben. Er wurde durch die Armuth seines eigenen Vaterlandes an Steinkohlen, welche zu Koks verarbeitet werden können, und den Reichthum desselben an gasreichen Braunkohlen dazu gedrängt, denn die Gasöfen haben den Vortheil, die Verwendung rohen Brennmaterials zu gestatten.

In der That befand sich schon 1862 [1]) ein Gasofen bei Leoben in Steyermark im Betrieb, in welchem 20 Tiegel gleichzeitig erhitzt werden konnten.

Es wurden nur 3 Gewichtstheile Braunkohle auf 1 Gewichtstheil Gussstahl verbraucht und in 6 Arbeitstagen 5000 Kg Stahl erschmolzen.

Auf der Pariser Ausstellung 1867 waren Producte von Assailly in Frankreich vertreten, wo ein Ofen mit neun Tiegeln im Betrieb war, welcher durch die Flamme einer mit Unterwind versehenen Steinkohlen-

---

[1]) Percy, Iron 836.

rostfeuerung betrieben wurde. Der Verbrauch betrug 250 bis 300 Kg Steinkohlen auf 100 Stahl und mit der Abhitze wurde Dampf erzeugt.

Erst im Zusammenhange mit Regeneratoren erreichen indessen die Gasöfen eine hinreichende Vollkommenheit. Denn erst dann gelingt es, einen stets gleichmässigen Gasstrom, eine gleichmässige Verbrennung und daher eine gleichmässige und dabei hohe Temperatur zu erlangen.

Mit Regeneratoren versehene Gasöfen eignen sich zwar wegen ihrer hohen Productionsleistung — welche bei zwei Oefen etwa 4500 bis 5000 Kg in 24 Stunden beträgt — nur für grossartigen Betrieb. Dort sind sie aber auch ganz an ihrem Platze und geeignet, eine wesentliche Brennmaterialersparniss herbeizuführen.

Während man selbst bei mehrtiegeligen Schachtöfen — wie oben angeführt — selten unter 250 bis 300 Kg Koks auf 100 Kg Stahl kommt, was einem Kohlenverbrauch von circa 330 bis 400 Kg Steinkohlen entspricht, so braucht man bei den Gasöfen nur 150 bis 155 Kg allerdings guter Gassteinkohle und gewinnt dabei noch das nöthige Gas zum Glühen der Tiegel, wofür bei Schachtöfen immer noch eine besondere Brennmaterialmenge erforderlich wird. Freilich fällt bei Regeneratoröfen die Benutzung der Abhitze zur Dampferzeugung fort, was indessen nach dem oben angeführten Beispiele ebenfalls nicht als Nachtheil in Bezug auf Brennmaterialersparniss anzusehen ist.

Man darf nicht glauben, dass man etwa ein schlechtes Brennmaterial für Gasschmelzöfen benutzen könne. Der Irrthum, der in dieser Beziehung lange geherrscht hat, ist die Veranlassung zu vielen vergeblichen und missglückten Versuchen gewesen. Die beste, aschenfreieste und gasreichste Kohle ist stets das geeignetste Material und man darf in dieser Richtung nicht geizen. Auch ist die Stückgrösse nicht gleichgültig. Man muss jede Kohle auf dem Hüttenplatze, möglichst in der Nähe der Generatoren, doppelt sieben, um sowohl von zu grossen Stücken als von Grus freie Kohlen in Haselnuss- bis Faustgrösse zu erhalten. Endlich müssen die Kohlen möglichst trocken sein, und daher unter Dach und Fach aufbewahrt werden.

Meinem früheren Schüler, Herrn Moritz Böker aus Remscheid, verdanke ich die ausführliche Beschreibung einer bestehenden Tiegelgasofenanlage, welche dem Folgenden zu Grunde gelegt ist.

Anlage einer Tiegel-Gussstahlschmelzerei mit Siemens'schen Regeneratoren.

Die im Folgenden beschriebene Anlage umfasst drei Paare von Regenerativschmelzöfen mit einer durchschnittlichen Production auf das Paar von je 4500 bis 5000 Kg Stahl in 24 Stunden bei einem Verbrauch von 7000 Kg Gaskohle.

Bei der Auswahl des Terrains für die Anlage des Werkes mit Gasfeuerung ist hauptsächlich darauf gesehen worden, für die Gaserzeuger den in Bezug auf die Verbrennungsöfen relativ tiefsten Punkt zu wählen, um bei dem geringen specifischen Gewichte der Gase von der Einwirkung der Witterung auf den Zug möglichst unabhängig, auch nicht in die Nothwendigkeit versetzt zu sein, die Gase stark abzukühlen, damit sie bis zu den Kammern angesogen werden. Es konnte deshalb die Hauptgasleitung oder das Kühlrohr kürzer gemacht und damit der als unnöthig angesehenen Condensation vorgebeugt werden.

In dieser Beziehung darf man indessen nicht alle Werke gleich behandeln, da bei sehr wasserreichen Brennstoffen sich die Sachlage anders stellt, als bei wasserarmen. Die Regeln sind hierfür bereits bei den Puddelofenfeuerungen (S. 157) besprochen.

Die Generatoren sind auf dem beschriebenen Werke 1·88 m tiefer gelegt als die Schmelzöfen, d. h. die Entfernung von Oberkante der Generatoren bis zu Oberkante der Schmelzöfenfüchse beträgt 1·88 m. Die ganze Anlage ist berechnet auf 6 Schmelzöfen und 12 Generatoren und ist in der Weise angeordnet, dass je 4 Generatoren zu einem „Block" vereinigt ihre Gase einem gemeinsamen verticalen Abzugskanale zuführen, von wo dieselben zum Hauptgasrohr gelangen, welches an den Gaserzeugern entlang läuft. Dasselbe geht von dort in gerader Richtung durch die Schmelzhalle und führt die Gase je zwei Oefen durch ein verticales Rohr zu.

Die Generatoren.

(Figuren 179 bis 181 a. S. 652, 653 u. 654.)

Jeder Gaserzeuger bildet einen schachtförmigen Raum, welcher begrenzt wird durch eine senkrechte Hinterwand, durch Seitenwände, welche nach oben geneigt sind und durch eine Vorderwand mit einer Neigung von 55° (bei stark backenden Kohlen von 60°). Den unteren Abschluss bildet ein Planrost, der etwas nach hinten geneigt ist und an welchen sich an der Vorderwand ein kurzer Treppenrost anschliesst.

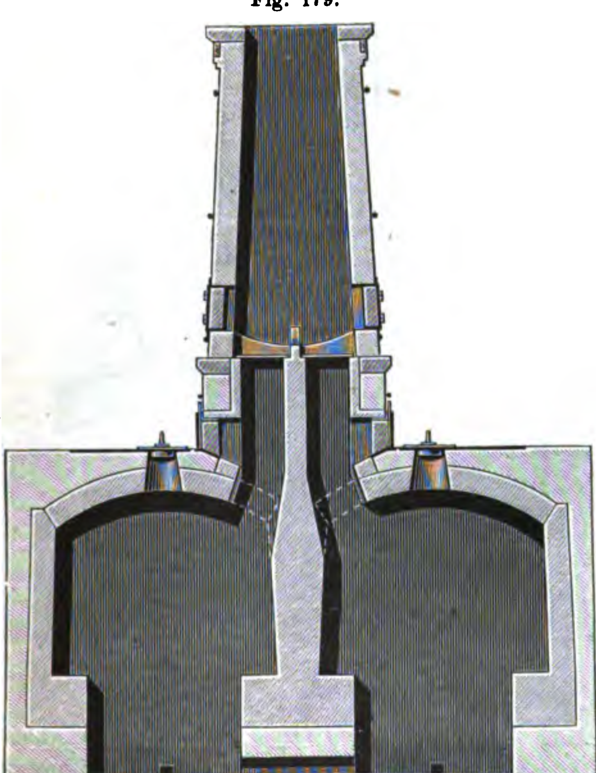
Von besonderem Vortheile hat sich der durch das Zurückspringen der Mauern gebildete Absatz in dem Schachtraume gezeigt. Die Gase haben nämlich das Bestreben, sich an den Wandungen entlang zu ziehen, da sie hier den geringsten Widerstand finden. In den Generatoren älterer Construction ohne den Absatz in der Mauer stieg die gebildete Kohlensäure und die überschüssige Luft vom Rost an den Wandungen empor und entging so der Umsetzung in Kohlenoxyd, während jetzt die Gase durch das Zurückspringen der Mauer genöthigt werden sich einen Weg durch die Kohlensäule selbst zu suchen. Der verticale Kanal, welcher die Gase abführt, liegt an der Hinterwand. Die Kohlen werden durch je 2 Aufgebetrichter in den Generator geschüttet, indessen können

dieselben auch ausserdem, wenn nöthig, durch einige Nebenöffnungen, deren jeder Erzeuger drei hat, eingefüllt werden.

An jeder Seite der Generatorengruppen führt ein geräumiger Arbeitskanal entlang, von welchem aus die Reinigungsarbeiten an den Rosten vorgenommen werden. Diese Arbeitskanäle sind gut ventilirt.

Die Mauern der Generatoren sind mit grosser Sorgfalt ausgeführt,

Fig. 179.



Durchschnitt durch die Generatoren nach *EF* (Fig. 181).

um Störungen durch ungeeigneten Luftzutritt, namentlich bei der Inbetriebsetzung zu vermeiden. Die Generatoren sind in die Erde versenkt, um Verankerungen zu sparen und auch den Wind von den Rosten abzuhalten.

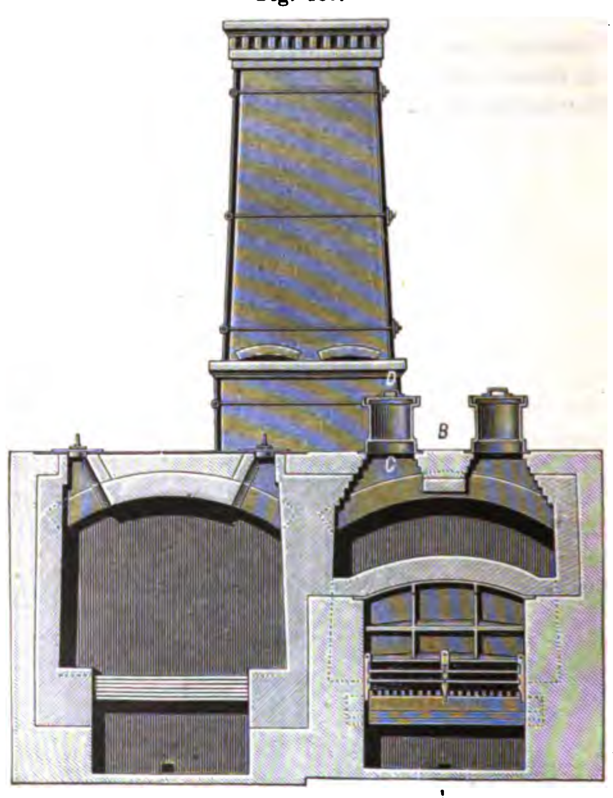
Die Gasleitung.

Die Gasleitung setzt sich zusammen aus dem Hauptrohre, dem sogenannten „Kühlrohr“, welches an den Generatoren entlang und durch die Schmelzhalle hindurchgeht, den schon erwähnten Zuleitungsrohren aus

den Generatoren und den Ableitungsrohren zu den Oefen. Das Kühlrohr



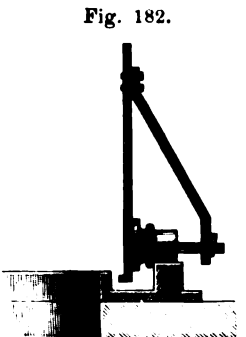
Fig. 180.



Verticalschnitt durch die Generatoren nach *GH* (Fig. 181) nach *IK*.

hat zu Anfang eine Weite von 1·412 m, hinter jedem Ableitungsrohr 23·54 cm weniger. Die Zuleitungsrohre sind 1·25 m, die Ableitungsrohre 86·31 cm weit. Aus den letzteren gelangen die Gase in einen gemauerten Gaskanal und von da durch gusseiserne Rohre in den Gasventilkasten. Die ganze Leitung ist aus Blech und mit Expansionsvorrichtung versehen. Die Säulen nämlich, welche da, wo ein Zuleitungsrohr das Hauptrohr trifft, stehen, sind am Fusse beweglich, indem ein horizontaler Zapfen angegossen und im entsprechenden Lager drehbar ist. Die verticalen Rohre sind auf Rollen beweglich, wie nebenstehende Fig. 182 zeigt.

Fig. 182.



Rollenlager.

An dem Kühlrohr ist zwischen der letzten Zuleitung und der sten Ableitung ein verticales Rohr, eine Theersenke (Theersack),

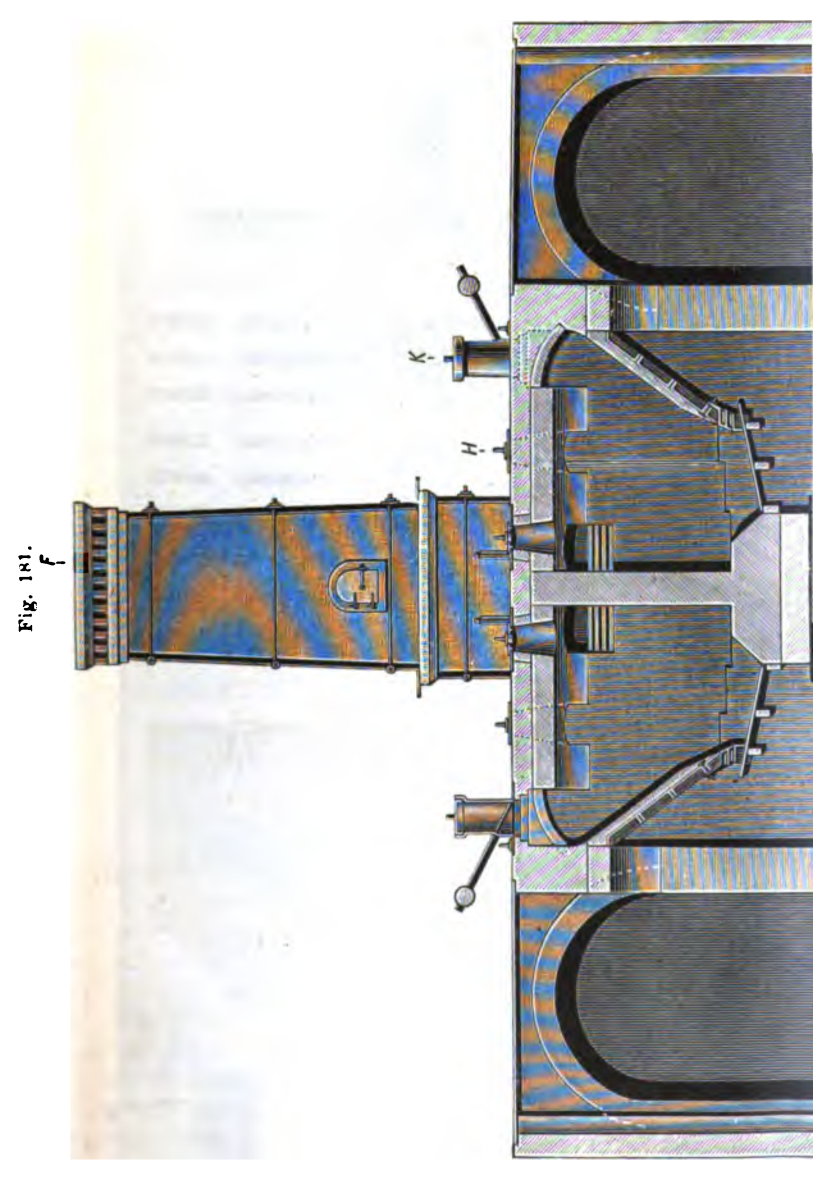


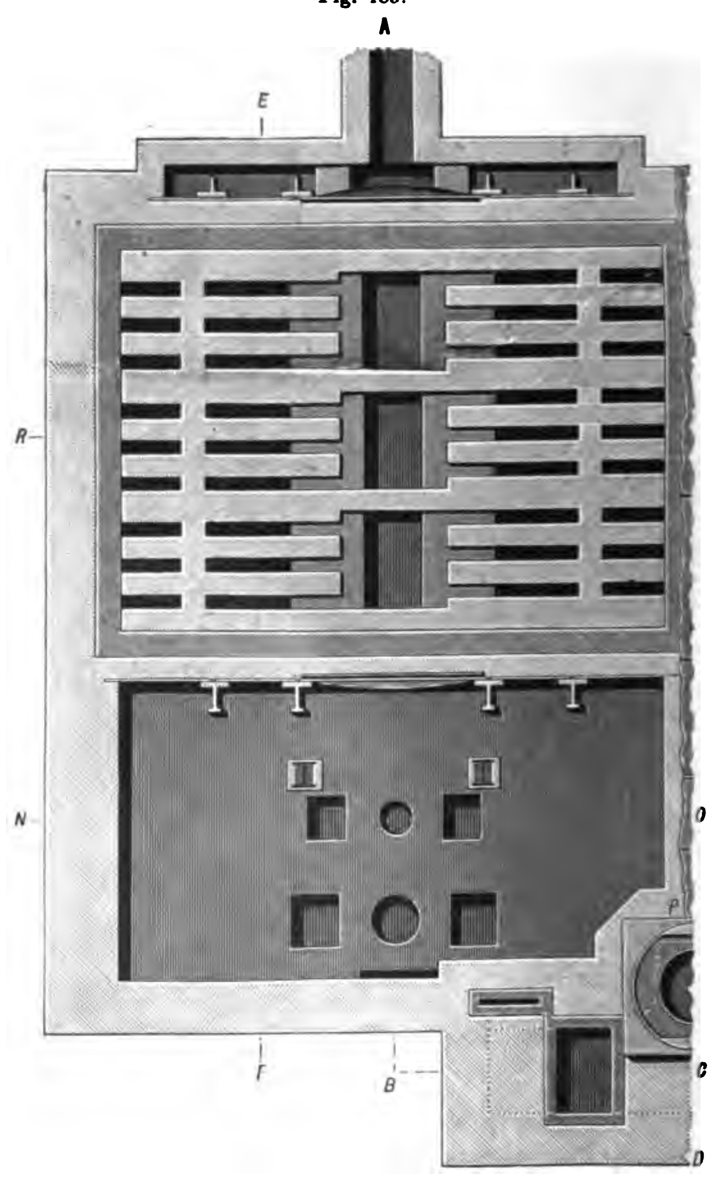
Fig. 181.

gebracht. Die Zuleitungsrohre haben 15·69 cm Fall, ebenso das Kühl von beiden Seiten nach dieser Theersenke hin, damit sich in derse die aus dem Gase condensirten Theer- und Wasserdämpfe absetzen kön

Die Schmelzöfen. (Fig. 183 bis 188).

Je zwei Schmelzöfen sind combinirt; sie erhalten ihr Gas, wie be-

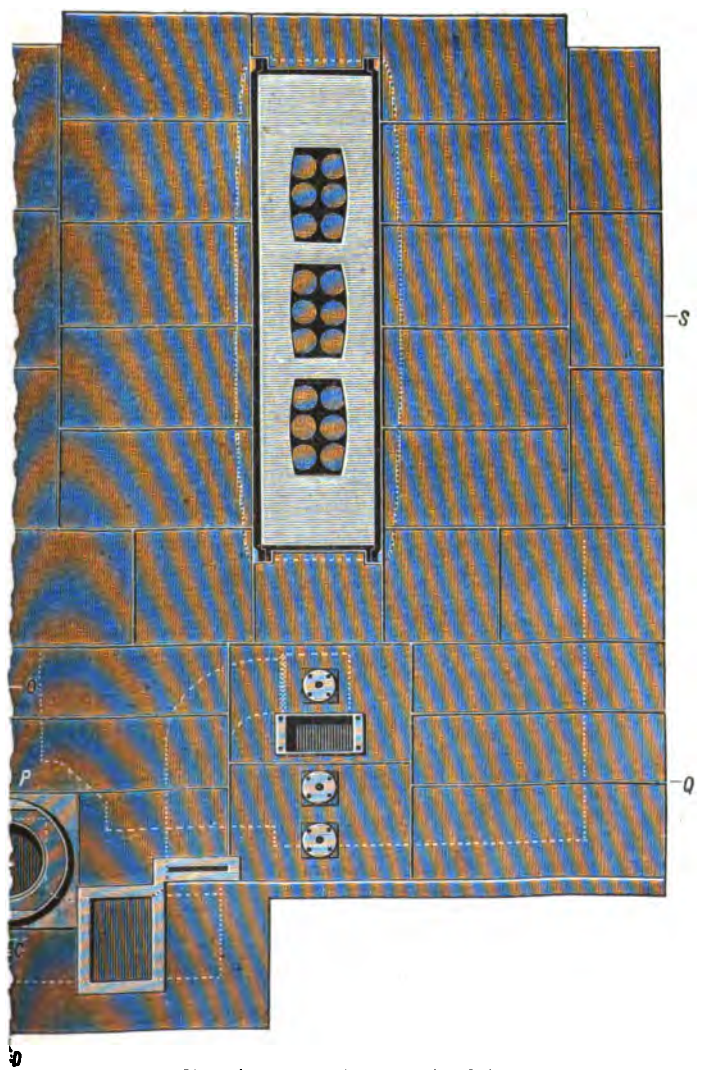
Fig. 183.



Horizontalschnitt durch die Gaswege und Oefen.

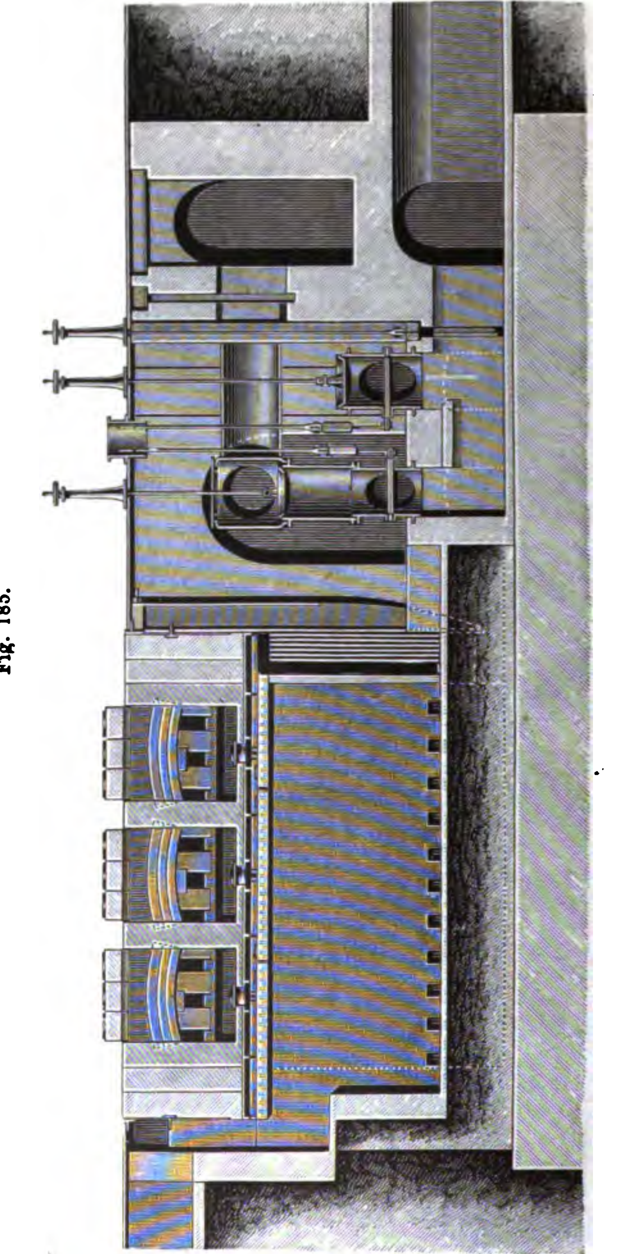
schrieben, aus einem gemeinsamen Kanal, aus welchem das Gas durch ein gekrümmtes gusseisernes Rohr in den Ventilkasten, und von dort durch die Reversirklappe in die entsprechende Gaskammer und den Ofen gelangt. Die Oefen selbst liegen nach Art der Schachtöfen unter der Sohle der Schmelzhalle, müssen also von oben bedient werden.

Fig. 184.



Obere Ansicht der Oefen ohne Deckel.

Fig. 185.



Verticalschnitt nach *A B C D* (Fig. 183 u. 184).

Die Figuren 185 bis 188 machen die Einrichtung der Oefen unter der Erde ersichtlich. Jeder Ofen besteht aus drei Schmelzräumen zu je sechs Tiegeln. Neben diesen befinden sich zu beiden Seiten die Regeneratorkammern. Unter dem Schmelzofen liegt ein freier Raum, der durch einen Luftkanal mit einem 9·416 m hohen Luftschornstein in Verbindung steht, damit die den Ofen tragenden gusseisernen Herdplatten abgekühlt werden. Die Regeneratoren, der constructiv wichtigste Theil der Anlage, sind hoch und schmal; sie haben daher einen geringen Horizontalquerschnitt, was zwei Vortheile hat. Erstens nehmen sie weniger Raum ein, zweitens füllen die Verbrennungsproducte, sowie die frischen Gase und die Verbrennungsluft den Querschnitt vollständig aus. Die Höhe der Regeneratoren ist so gewählt, dass die Temperatur der abziehenden Gase möglichst ausgenutzt wird. Der Querschnitt der Luftkammern ist grösser als der der Gaskammern und zwar im Verhältniss wie 3:2.



Fig. 188.

Verticalschnitt nach *EF* (Fig. 183).

Die in den Kammern gitterförmig aufgestellten feuerfesten Steine sind trocken eingebaut und zwar ist das die letzte

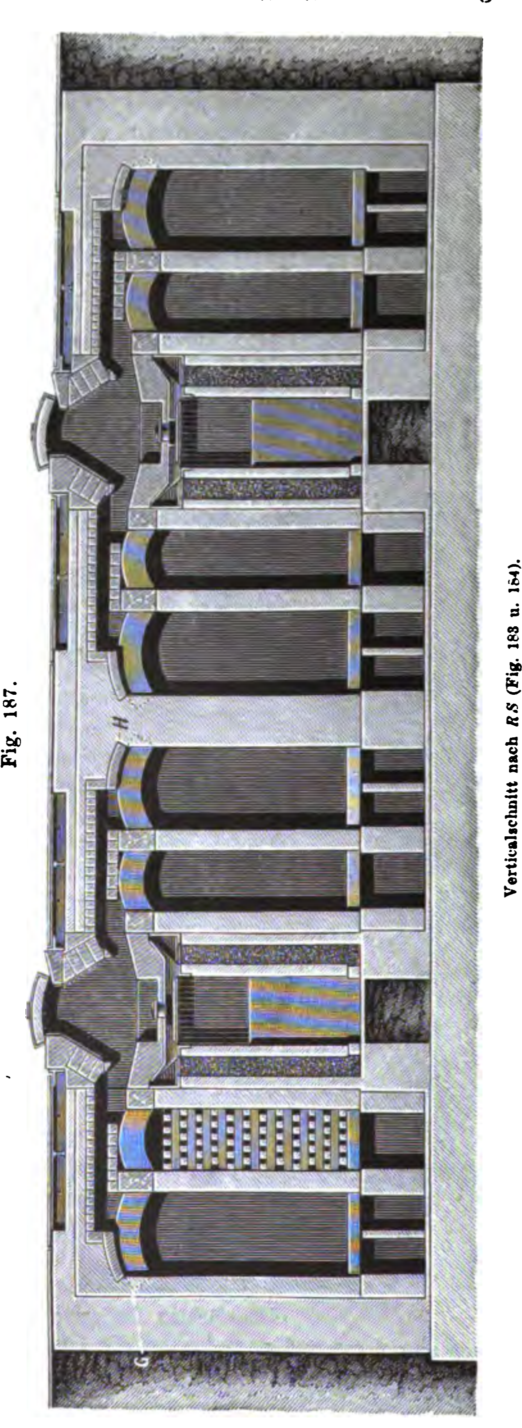


Fig. 187.

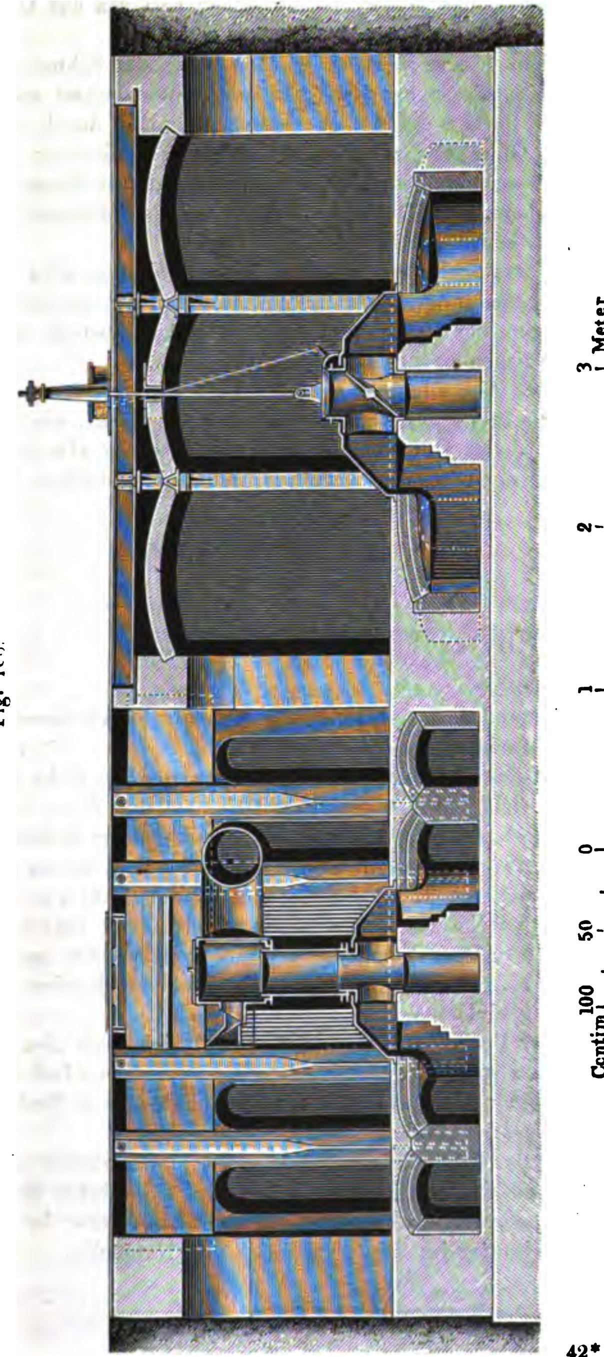
Verticalschnitt nach *RS* (Fig. 183 u. 184).

Arbeit am Ofen, welche mit sehr grosser Sorgfalt ausgeführt wird, damit keine durchgehenden verticalen Kanäle entstehen. Man legt die Steine mit Hülfe eines Sperrmaasses, welches an den Stellen, wo die Ziegeln zu liegen kommen, mit einem entsprechenden Einschnitt versehen ist. Die Eingänge zu den Regeneratoren müssen vollständig luftdicht sein, da jeder Lufteintritt an der betreffenden Stelle den Ofen wesentlich abkühlt und namentlich den Betrieb unregelmässig und unzuverlässig macht. Zwischen der inneren feuerfesten Mauer und der äusseren aus gewöhnlichen Ziegeln hergestellten ist daher ein Zwischenraum gelassen, welcher mit trocknem Sande sorgfältig ausgefüllt wird.

Der Eintritt des Gases und der Luft, sowie der Austritt der verbrannten Gase, ist regulirt durch das Gas- und das Luftventil und ausserdem durch den Schornsteinschieber. Die Anordnung dieser Ventile, ebenso die Führung der Luft- und der Gaskanäle, resp. der Kanäle für die Verbrennungsproducte ist aus den Schnitten *NO* und *PQ* in Fig. 188 ersichtlich.

Der obere Theil der Oefen und der Regenera-

Fig. 185.



Verticalschnitt nach *N O P Q* (Fig. 183 u. 184).

toren ist aus Dinassteinen erbaut [1]). Dieselben bestehen aus Quarz mit 1 Proc. Kalkzusatz.

Die Steine dehnen sich bei der grossen Hitze der Schmelzöfen bis 1$^1/_2$ Proc. aus. Um dieser grossen Ausdehnung Widerstand zu leisten, müssen die oberen Partien des Ofens, ebenso die nicht durch den Erdboden gestützten Ofentheile vermittelst starker Verankerung gehalten werden. Das Dinasziegelmauerwerk wird mit möglichst kleinen Fugen gearbeitet. Der benutzte Mörtel ist aus demselben Material wie die Steine und daher ebenso unschmelzbar wie jene.

Um schnelle Zerstörung des Mauerwerks zu verhüten, wird das Austrocknen und Anwärmen der Oefen mit grösster Sorgfalt ausgeführt.

Die Zugstangen der Verankerungen sind mit Schrauben versehen, welche beim Anwärmen nachgelassen werden.

Jede der drei Abtheilungen des Ofens ist mit drei losen Gewölbstücken, welche die Stelle des Deckels vertreten, überdeckt, wie Fig. 185 und 187 zeigen. Jedes Gewölbstück wird durch einen eisernen Bügel eingefasst, der mit einem Henkel versehen und leicht abhebbar ist.

Betrieb.

Betrieb der Gaserzeuger.

Vor dem Anzünden der Generatoren werden die Abschlussschieber an ihre Stelle gebracht und wohl verdichtet.

Man legt auf den Rost klein gemachtes Holz, darüber Koks und zündet an. Die Fülltrichter und Stochlöcher stehen offen. Wenn das Feuer auf dem ganzen Rost gut durchgebrannt ist, werden langsam Kohlen aufgegeben. Nach etwa 6 Stunden fängt das Gas schon an zu brennen. Man füllt nun allmälig mehr Kohlen auf und nach Verlauf von 24 Stunden ist die richtige Höhe der Brennmaterialschicht (etwa 1 m) und gutes brennbares Gas erreicht. Sämmtliche Oeffnungen werden geschlossen und man kann jetzt, wenn der nöthige Ueberdruck vorhanden ist, das Gas in die Leitung einlassen.

Die Höhe der Brennmaterialschicht richtet sich nach den Zugverhältnissen; sie muss so bemessen sein, dass die angesogene Luftmenge in bestimmtem Maasse und bestimmter Geschwindigkeit den Destillations- und Reductionsprocess vollführt.

Der sich aus den Kohlenwasserstoffen abscheidende russförmige Kohlenstoff macht es nöthig, dass die Kanäle alle zwei Tage durch die kleinen Schieberthürchen gereinigt werden. Auch setzt sich Theer in den Leitungen ab, und mitunter im Winter ziemlich viel Naphtalin.

---

[1]) Vergl. Bd. I der Metallurgie, S. 243.

Zuweilen bilden sich während des Betriebes in dem Feuer hohle Gassen, durch welche Luft eindringt und eine vollständige Verbrennung zu Kohlensäure erzeugt. In solchen Fällen wird schleunigst die Kohle mit starken langen Eisenstangen, welche durch die Stochlöcher eingeführt werden, zusammengerüttelt. Geht das Feuer überhaupt zu heiss, so muss der Treppenrost durch Sandaufschüttung abgesperrt werden, schlägt gar die Flamme beim Oeffnen der Schaulöcher heraus, so schliesst man den ganzen Rost ab, indem man Blechplatten vorsetzt und darüber Sand aufwirft.

Immer ist beim Betriebe darauf zu sehen, dass Ueberdruck im Generator vorhanden sei, damit nicht Luft durch die Schaulöcher oder andere Oeffnungen eindringe und explosible Gemenge entstehen können. Der Ueberdruck darf indessen nicht zu stark sein, um nicht nutzlos Gas am Rost zu verbrennen. In diesem Falle muss ebenfalls das Feuer gemildert werden. Die Roste müssen stets frei von Schlackenansätzen gehalten werden, welche die grössten Feinde eines geregelten Betriebes sind. Alle 12 Stunden wird ein halber Rost gereinigt, dazu ein provisorischer Rost eingeschlagen, die Roststäbe ausgezogen und die Schlacken mit verstählten Stocheisen eingestossen.

Das Füllen der Leitung mit Gas erfordert grosse Vorsicht. Die Luft muss vollständig verdrängt sein, bevor die Gase eingeführt werden; es geschieht dies entweder durch Dampf oder durch vollkommen verbrannte Gase, gewöhnlich durch letztere. Man entzündet durch die Thüren des verticalen Gasrohres oder Gasschornsteins ein Holzfeuer auf den Abschlussschiebern. Die Verbrennungsproducte ziehen durch die Leitung und finden ihren Ausweg durch die geöffneten Zugänge zu den Gaskanälen.

Ist das Feuer gut im Zuge, so öffnet man einen der Schieber etwas. Das herausströmende Gas entzündet sich sofort, und wenn der Schieber soweit aufgezogen ist, dass die Flamme den ganzen Gasschornstein einnimmt, schliesst man die Thüren, und zieht die Schieber ganz heraus. Vorher sind die den Gaskanal abdeckenden Platten in der Schmelzhalle aufgelegt und gedichtet worden. Das Gas steht nun bis zum Gasventil in der Leitung.

Das Entleeren der Leitung bei Ausserbetriebsetzung derselben geschieht ähnlich. Alle Schieber bis auf einen werden eingeschoben, das Gas wird an den Thüren des Gasschornsteins entzündet und die Platten in der Schmelzhalle werden aufgenommen. Wenn die Flamme ganz in den Schornstein hereinschlägt, wird der letzte Schieber eingesetzt und dann ebenso wie die übrigen mit Sand gedichtet.

Das Reinigen der Leitung geschieht alle 3 bis 4 Monate durch die Schmelzarbeiter, welche in dieselbe hineingehen und Aschenansätze und Russ durch die Reinigungsthüren entfernen.

Soll das Gas zur Inbetriebsetzung der Schmelzöfen in dieselben eingeführt werden, so muss zuvörderst aus den Kammern und Kanälen die Luft herausgetrieben werden. Dies geschieht ebenfalls durch verbrannte Gase. Zu diesem Zweck wird in allen Abtheilungen der Schmelzöfen Feuer entzündet und die Vertheilungsventile [1]) werden nach einer Seite gestellt. Im Schornstein ist ebenfalls eine kleine Feuerung angebracht, die benutzt wird, um anfangs den Zug herzustellen. Sobald der Schornstein zieht, wird dies Feuer gelöscht, die Thür verschlossen und verschmiert.

Nachdem die Feuer im Ofen etwa $1/4$ Stunde gebrannt haben, und man annehmeu kann, dass die betreffenden Gas- und Luftkammern mit Verbrennungsproducten angefüllt sind, werden die Vertheilungsventile rasch umgestellt [2]), und das Gasventil wird etwas aufgedreht. Das Gas strömt in die mit verbrannten Gasen angefüllte Kammer und gelangt in den Ofen. Das Luftventil wird nun ebenfalls aufgedreht. Die Vertheilungsklappen bleiben 12 Stunden in derselben Stellung, damit die Kammern an der einen Seite gehörig warm werden; denn wird dies versäumt, so bekommt man in langer Zeit keine gute Hitze. Nachher wird sechsstündlich, dreistündlich und schliesslich einstündlich gewendet.

Waren die Oefen und Kammern ganz kalt, so dauert das Anheizen drei Tage.

Die Schmelzarbeit.

Da die Schmelzarbeit wesentlich von der Beschaffenheit des Gases abhängig ist, so stellt man die zur Bedienung von je vier Generatoren nöthigen 4 Mann, welche übrigens ausserdem nur beim Giessen behülflich zu sein brauchen, mit den Schmelzern in Gedinge, welches der Regel nach auf Tiegelfüllungen bezogen wird. Auf diese Weise besteht eine ausgezeichnete Controle zwischen Schmelzern und Feuerarbeitern oder Stochern. In der Schmelzerei sind für zwei Oefen 8 Mann erforderlich. Ueber allen zusammen steht noch ein leitender Meister.

Die Arbeit an den Oefen ist folgende: Nach Beendigung eines Gusses werden die Oefen nachgesehen, ob sie bei der letzten Hitze (Tour, Charge) gelitten haben. Ist dies der Fall und ist vielleicht ein Tiegel gelaufen, so werden mit starken Eisenstangen die Thonplatten über den in der Herdplatte befindlichen Abstichlöchern durchgestossen und Stahl und Schlacke aus dem Ofen entfernt. Sodann werden neue Thonplatten aufgelegt und Koksklein wird in den unteren Theil des Ofens gefüllt, welches eine sehr gute Unterlage für die Tiegel bildet.

Bei diesen Arbeiten, welche für die Leute sehr beschwerlich sind,

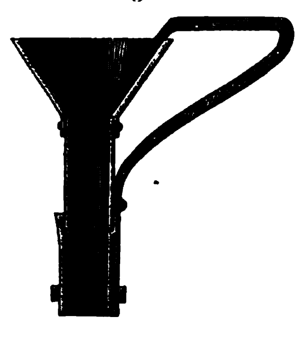
---

[1]) Reversirventile. — [2]) Man nennt diese Arbeit gewöhnlich kurz das Wenden, Umstellen oder Reversiren.

bleibt das Gas fast ganz abgestellt, das Luftventil ist zu und der Schornsteinschieber ganz auf.

Ist der Ofen wieder in guter Ordnung, so werden die Tiegel aus dem Vorwärmofen in den Schmelzofen eingesetzt. Damit sich der Ofen durch die weiteren Arbeiten nicht zuviel abkühlt, wird nach dem Einsetzen der Tiegel 5 bis 10 Minuten lang Gas in den Ofen gelassen. Dann werden Ventile und Schieber wieder wie vorhin gestellt und die Tiegel beschickt. Die Mischung ist abgewogen und in eisernen Wannen enthalten. Während ein Arbeiter einen grossen Trichter (von der Form der Fig. 189) über den Tiegel hält, füllt ein anderer aus den Wannen das Material ein. Sind die Tiegel gefüllt, so werden die Tiegeldeckel aufgesetzt und die Deckel auf den Ofen gelegt. Letzteres geschieht mit Hülfe eines Hebels, welcher durch eine Kette mit einer auf einer Hängeschiene über den Oefen laufenden Rolle verbunden ist.

Fig. 189.



Fülltrichter.

Auf anderen Hütten ist zwischen Hängeschiene und Bügel des Ofendeckels ein Flaschenzug eingeschaltet, der das Abheben und Einsetzen wesentlich erleichtert. Auf einigen Werken endlich geschieht die Bewegung der Deckel lediglich durch Handarbeit. Das Gasventil wird nun aufgedreht und zwar nach der Güte und dem Druck des Gases mehr oder weniger, das Luftventil dagegen wird ganz aufgedreht; am Schornsteinschieber wird der Zug so regulirt, dass die zur Verbrennung nöthige Luft angesogen wird. Eines gewissen Ueberdruckes muss man sich immer versichert halten, wenn derselbe auch nur gering sein darf. Am Luftzutrittsventil wird während des Schmelzens nicht mehr gestellt. Dass während des Schmelzens keine überschüssige Luft im Ofen gewesen ist, müssen die Tiegel zeigen, deren Oberfläche nur zusammengefrittet erscheinen darf.

Während des Schmelzens, welches jetzt unter geeigneter Umstellung der Wendeventile ununterbrochen fortläuft, werden die kleineren Nebenarbeiten besorgt, die Giessflaschen werden abgeputzt, mit Theer bestrichen, aufgesetzt, zusammengeschlagen u. s. w.

Beim Schmelzprocess kann man drei Perioden unterscheiden: das Einschmelzen, das Wallen und das Ruhigwerden. Die beiden letzteren Perioden gehen eng in einander über.

Diese Perioden, deren chemische und physikalische Begründung später folgt, dauern je nach der Beschaffenheit der Materialien und der Zusätze, namentlich auch nach der Art der Tiegel verschieden lange. Der Meister probirt den Stahl, indem er eine lange dünne Eisenstange durch das Loch des Tiegeldeckels einsteckt. Wenn die Stange leicht

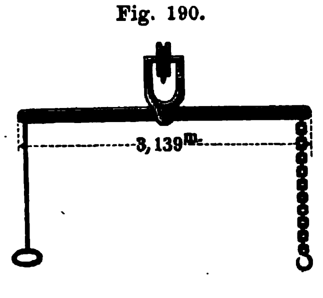
durch das Metall hindurchgeht, so ist der Stahl dünn und die erste Periode ist beendet.

Hält man die zweite Periode für beendet, so wird die Probirstange wieder eingeführt; geht sie ganz leicht durch bis auf den Boden, und zeigt sich beim Herausnehmen an der Stange nur Schlacke, kein Stahl, so kann man annehmen, dass der Stahl gar ist, d. h. dass die zweite Periode beendet ist. Das Aussehen dieser Schlacke ist für den Meister das wichtigste Kennzeichen. Eine noch schwarze Schlacke ist der Beweis, dass der Stahl noch nicht gar ist. Eine gare Schlacke muss nach dem Abkühlen graugelb sein und in viele kleine Stückchen zerspringen.

Wollte man nach der zweiten Periode den Stahl herausnehmen, so würde er, in Formen gegossen, steigen und vollständig unbrauchbar werden. Man muss denselben deshalb wenigstens noch $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden abstehen lassen.

Wenn der Stahl gut ist, was der Regel nach nicht durch eine wiederholte Probe, sondern durch Schätzung der Zeit beurtheilt wird, werden die Deckel des Ofens der Reihe nach abgehoben und die Tiegel herausgenommen und ausgegossen. Werden die Tiegel mehrere Male gebraucht, so werden sie nach dem Giessen gleich wieder eingesetzt. Das Gas wird dabei fast ganz abgestellt, das Luftventil wird ganz zu und der Schornsteinschieber aufgedreht.

Fig. 190.



Hebevorrichtung.

Zum Herausnehmen der Tiegel aus dem Ofen dient die nebenstehende Hebevorrichtung (Fig. 190). Ein gleichförmiger 3·139 m langer Hebel ist durch Rolle und Schiene am Ofen entlang verschiebbar; am einen Ende ist eine Zugstange, am anderen eine Kette befestigt. An die Kette wird die Tiegelzange angehängt, welche von einem Arbeiter um den Tiegel gelegt und gehalten wird, während ein anderer an der Zugstange denselben herauszieht. Zwei andere Arbeiter fassen den Tiegel in die Giesszange und giessen den Stahl aus. Der Meister steht vor der Form und hält die Schlacke mit einem Stab zurück.

Wenn der Stahl gut ist, so trennt sich die Schlacke leicht vom Stahl und bleibt an dem Tiegel hängen.

Abweichungen.

Abweichungen von dem vorher beschriebenen Schmelzverfahren kommen hauptsächlich nur in Bezug auf die Einrichtung der Oefen vor.

So hat man Oefen mit nur einer Abtheilung eingerichtet, in welcher die Tiegel zu 9 oder 12 an Zahl in drei Reihen angeordnet sind. Auch

hat man kanalartige Schmelzräume, in welchen 15 bis 20 Tiegel in einer oder in zwei Reihen stehen [1]). Die Flamme durchstreicht den Schmelzraum der Länge nach und je zwei Regeneratoren befinden sich daher an den Enden des Kanals unterhalb der Hüttensohle. Der Raum dazwischen ist offen und dient theils zur Kühlung der Ofensohle, theils zur Anordnung der Wendeventile u. s. w. Die Tiegel stehen meist direct auf der nur mit etwas Thonmehl bestreuten Sohle, seltener auf Käsen. Das Gewölbe besteht auch hier aus mehreren abnehmbaren Theilen, deren jeder zwei Tiegel der Länge nach überdeckt. Beim Ausheben der Tiegel wird nur das erste Gewölbstück ganz entfernt, die folgenden werden verschoben. Es wird dadurch die Abkühlung des Ofens nicht unbedeutend vermindert.

Die Zahl der in Regeneratorgasöfen erhitzten Tiegel schwankt sehr. Auf deutschen Werken hat man der Regel nach, wie in der oben gegebenen Beschreibung ausgeführt, 18tiegelige Oefen mit drei Abtheilungen, in Frankreich (z. B. zu St. Etienne, Firminy etc.) 20tiegelige, ebenso in Oesterreich, wo sich häufig Braunkohlengas angewendet findet.

So hat man z. B. bei Leoben Oefen mit 20 Tiegeln zu 30 Kg Einsatz. Man verbraucht bei drei täglichen Hitzen auf 100 Kg Stahl 250 bis 300 Kg Braunkohlen. Dasselbe Verhältniss findet zu Kapfenberg statt, wo in im Grundrisse elliptischen Oefen auch 20 Tiegel stehen, die indessen nur $22^1/_2$ Kg Füllung erhalten. Bei kleineren Oefen (achttiegeligen) will man weniger, nämlich nur 200 Kg, Braunkohle gebraucht haben. Auf anderen Werken ist der Brennmaterialverbrauch höher, so zu Eibiswald 400 Kg Braunkohlen auf 100 Kg Stahl [2]).

Das Formen.

Die Formen, in welche sowohl der Gussstahl als auch der dem Umschmelzen nicht unterliegende, im flüssigen Agggregatzustande erhaltene Rohstahl (Bessemerstahl, Flussstahl, Erzstahl u. s. w.) gegossen wird, werden entweder aus Eisen oder aus Masse gebildet. Das Erstere ist der Fall, wenn die erhaltenen Stahlblöcke noch weiter durch Ausschmieden und Auswalzen bearbeitet werden sollen, das Letztere, wenn das Gussstück die gegebene Form ganz oder im wesentlichen beibehalten soll.

Giessflaschen.

Die eisernen Formen werden Giessflaschen, Schalen (Coquillen), die darin erhaltenen Gussstücke Eingüsse oder Blöcke (*Ingots*) genannt.

---

[1]) Vergl. des Verfassers Grundriss der Eisenhüttenkunde, S. 255. — [2]) Notizen von der Wiener Industrieausstellung 1872.

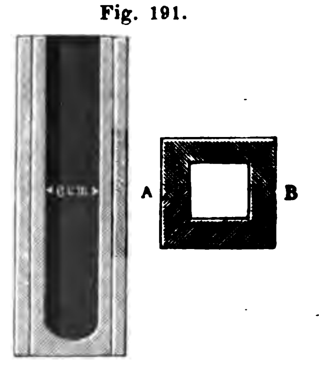
Die Formen bestehen aus gutem lichtgrauen Gusseisen. Giessereiroheisen No. 3 ist am geeignetsten; No. 2 oder gar No. 1 sind zu grafitisch und geben mechanisch Grafit an den Stahl ab, während sie gleichzeitig rauh und porös werden.

Die Giessflaschen haben etwas verschiedene Einrichtung, je nachdem sie für kleinere oder für grössere Eingüsse bestimmt sind.

Die Formen für kleinere Güsse sind unten geschlossen, oben offen. Die Höhlung erweitert sich nach oben. Sie bestehen aus zwei mittelst Feder und Nute in einander greifenden, an den Berührungsstellen sauber abgehobelten Stücken, welche durch Oesen und Splinte oder durch übergelegte Ringe von Schmiedeisen zusammengehalten werden. Fig. 191 stellt eine solche Form dar.

Grössere Giessflaschen haben meist die Form einer oben und unten offenen abgestumpften Pyramide mit übrigens sehr steiler Seitenneigung. Der Querschnitt ist der Regel nach quadratisch mit abgestumpften Ecken. Sie werden, die weitere Oeffnung nach unten, auf gusseiserne, der Regel nach ganz ebene, aber auch wohl mit einer schwachen rundlichen Vertiefung versehene Sohlplatten gestellt.

Fig. 191.



Kleine Giessflasche.

Zuweilen bestehen auch die grösseren Giessflaschen aus zwei Hälften, welche, wie bei den kleineren, durch umgelegte Ringe zusammengehalten werden. Die Ringe haben dann oft Oeffnungen, durch welche Schrauben gezogen werden, die die Formhälften gegen einander pressen. Jedoch begnügt man sich auch mit den Eintreiben einfacher Keile zwischen Form und Ring. Hin und wieder findet man den Boden an den einen Formtheil festgegossen. Selbstverständlich braucht bei zweitheiligen Formen keine Erweiterung nach unten stattzufinden. — Selten theilt man die Formen in zwei übereinander liegende Hälften.

Die Giessflaschen werden vor dem Gusse an allen Theilen, an denen sie mit dem flüssigen Stahl in Berührung kommen, lösend gemacht, d. h. mit einem Ueberzuge versehen, welcher das Anhaften des Stahls oder gar das Anschmelzen desselben verhindert.

Kleinere Formen werden angeblakt (angeraucht, *smoked*).

Man stellt oder legt sie zu diesem Zwecke auf Rostbalken und zündet unterhalb Theer an, welcher in einem Löffel enthalten ist und dessen Rauch die Form beschlägt.

Grössere Giessflaschen bestreicht man mit Kalkmilch oder Grafitschlamm, am häufigsten aber mit heissem Steinkohlentheer. Dieser Anstrich wird vor jedem Gusse wiederholt.

Ganz grosse Formen, z. B. für Blöcke zu Geschützen, kleidet man vollständig mit einer Lehmschicht aus.

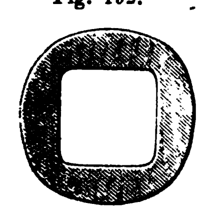
Alle Giessflaschen müssen vor dem Gusse erwärmt werden und zwar um so mehr, je kohlenstoffärmer der Stahl ist, den sie aufnehmen sollen. Das Erwärmen, welches der Regel nach auf Rosten über einem offenen Herdfeuer, auch wohl durch brennende Generatorgase stattfindet, geschieht meist, bevor sie lösend gemacht werden und in die Giessgrube kommen.

In einzelnen Fällen erhitzt man die Formen durch passende rothglühend gemachte Schmiedeisenstücke, welche eingesetzt werden und nachher da, wo man Flammofenflussstahlerzeugung betreibt, sofort weiter verwerthet werden können.

Die Aufstellung geschieht bei kleineren Formen, welche nur eine oder wenige Tiegelfüllungen aufnehmen, des bequemeren Giessens wegen in etwas geneigter Lage, bei grösseren Formen immer vertical.

Ein Nachtheil für den Guss entsteht leicht aus dem Springen der Gussformen. Dies kann zwar eine Folge ungenügender Anwärmung, aber auch falscher Construction sein. Bei ungetheilten Gussformen müssen die Wände überall gleich stark erwärmt werden, man darf ihnen daher nicht etwa eine gleiche Metalldicke geben, sondern muss sie an den Längskanten schwächer machen, wie nebenstehender Grundriss (Fig. 192) zeigt. Bei doppeltheiligen Formen ist zwar ein Springen weniger zu fürchten, wohl aber ein Werfen, welches Undichtigkeit der Fugen und damit das Entstehen von Gussnähten im Gefolge hat. Hackney[1]) empfiehlt mit Recht als Schutzmittel dagegen federnde Splinte oder Unterlagsscheiben für die Verbindungsbolzen. Auch etwas nachgebende Ringe, welche, wie bei kleineren Formen allgemein üblich ist, übergestreift werden, erfüllen den Zweck.

Fig. 192.



Im allgemeinen giesst man solche Blöcke, welche nachher durch Walzarbeit weiter behandelt werden sollen, in möglichst starkem Durchmesser, weil sich Blasenräume ganz besonders an den Wandungen zeigen und daher mit zunehmender Stärke der Blöcke ein geringeres Verhältniss zu dem Gesammtquerschnitte einnehmen.

Masseformen.

Harter, d. h. kohlenstoffreicher Stahl lässt sich wie Gusseisen in grünen Formsand giessen, wenn der letztere hinreichend mit Kohlenstaub gemengt ist. Mittelharter oder weicher Stahl, wie er zu Eisenbahn-

[1]) Dingl. polytechn. Journ. Bd. 218, S. 102.

rädern und anderem Eisenbahnbedarf, selbst noch zu Glocken erforderlich ist, kann hinreichend blasenfrei nur in gebrannter Masse erhalten werden. Die Zusammensetzung einer solchen Masse, welche Dauerhaftigkeit bei der sehr hohen Temperatur des Stahls mit Festigkeit gegen das Zerbersten und Zerreissen und Porosität zum Ausgang eingeschlossener Gase vereinigen muss, ist zuerst im Gussstahlwerke zu Bochum ermittelt worden. Sie besteht im wesentlichen aus gebrannter Tiegelmasse, zu welcher die ganz schlacken- und metallfreien Scherben gebrauchter Tiegel benutzt werden können, in Mischung mit gewaschenem feinkörnigen Quarz und einer zur Plasticität nothwendigen geringen Menge frischen Thons. Eine Beimengnug feinsten Mehls von Koks, Holzkohle oder magerer Steinkohle dient zur Auflockerung. Die wohl gemischte Masse wird mit Wasser angefeuchtet, um Modelle unter Berücksichtigung des starken Schwindmaasses geformt, in Darrkammern gebrannt und dann auf den mit dem Stahl in Berührung kommenden Flächen geschwärzt. Die Schwärze besteht aus einem mit Kohlenstaub angerührten Thonwasser.

Eiserne Modellformen.

Für einzelne Fälle, z. B. Ambosguss, verfährt man wie beim Hartguss aus Gusseisen, d. h. man legt in die Theile der Masseform, welche die mit grösserer Härte zu versehenden Flächen berühren, gusseiserne oder stählerne Theile ein, welche bei grösserer Leitungsfähigkeit als die Masse eine schnellere Abkühlung des Stahls und damit eine Härtung bedingen.

Ganz eiserne Formen sind von Fernie[1]) für Pflugscharen, Zahnräder und dergleichen Dinge vorgeschlagen worden. Diese aus einzelnen, mit Scharnieren verbundenen Theilen, aus Gusseisen oder Stahl hergestellten Formen werden innen mit einer Grafit- oder Thonschlempe überzogen.

Bei derartigen Formen muss da, wo beim Eingiessen der Stahlstrahl auftrifft, in jedem Falle eine Masseschicht vorhanden sein. Dasselbe ist übrigens auch für gewöhnliche Giessflaschen empfohlen, deren Boden oder Bodenplatte man zu diesem Zwecke concav macht und mit Masse auslegt.

Nachgiebige oder bewegliche Theile sind bei solchen Formen zwar vorgeschlagen, aber wohl nur in seltenen Fällen mit praktischem Erfolge verwendet worden. Zu diesen Ausnahmen gehören Stücke, welche an der gleichmässigen Schwindung durch Theile der Form gehindert werden würden, wie z. B. Triebräder mit Speichen. Hier empfiehlt es sich, die einzelnen, dann stets keilförmig gestalteten Kernstücke herauszunehmen, sobald eben der Stahl erstarrt ist, ohne dass doch die ganze Form geöffnet zu werden brauchte und dadurch eine zu plötzliche Abkühlung herbeigeführt würde.

---

[1]) Mechan. Magazine, Juli 1869, S. 41.

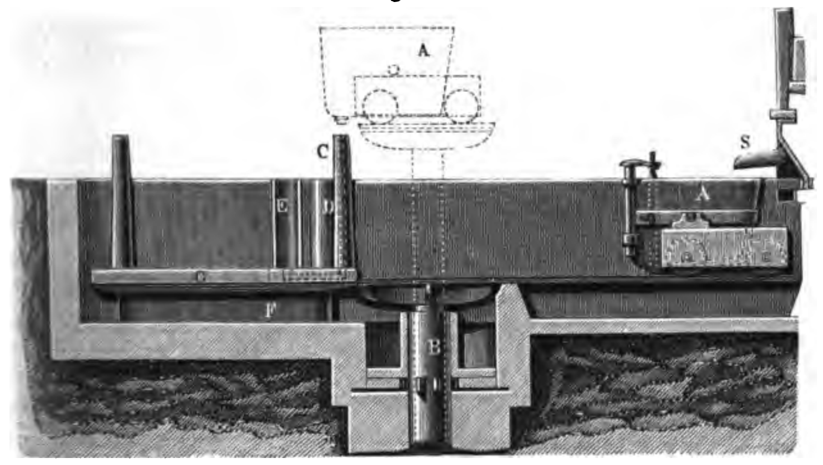
Aufsteigender Guss.

Die Schwierigkeit, die Schlacke beim Gusse ganz zurückzuhalten, hat, wie dies beim Eisenguss längst für Walzen und dergleichen Dinge üblich war, dazu geführt, durch ein Eingussrohr die Formen von unten zu füllen.

Es scheint dies Verfahren zuerst von Pink zu Hörde angewendet worden zu sein und dort zwar beim Bessemergusse. Später ist es von Healey dadurch modificirt worden, dass eine grössere Zahl derartiger Gruppenformen auf einem Drehtisch Platz findet, welcher unter dem Sammelgefässe fortgeführt wird.

Diese letztere Einrichtung ist in Fig. 193 abgebildet. Die bei *S* ge-

Fig. 193.



Gruppenformen auf Drehtisch.

füllte Giesspfanne *A* gelangt auf eine Platte, welche von dem hydraulischen Kolben *B* getragen wird. Der Stahl fliesst in den Einguss *C* und vertheilt sich von dort durch Kanäle in der auf dem Drehtische *F* ruhenden Bodenplatte *G G* in die Formen, von denen eine, *E*, im Durchschnitt, die andere, *D*, in Ansicht gezeichnet ist. Die Kanäle des Bodenstückes sind mit rinnenförmigen Stücken aus gebranntem feuerfestem Thon ausgefüttert und mit Platten aus demselben Materiale bedeckt, welche für jeden Guss erneuert werden müssen.

Zuweilen werden auch zweitheilige Formen angewendet, welche Einguss und Steigkanäle gleichzeitig umschliessen, wie die Figuren 194 und 195 a. f. S. im Grundriss und Verticalschnitt zeigen. Hier dient das Mittelrohr als Einguss. Der Stahl vertheilt sich unter den Seitenwänden und steigt in den beiden aussen liegenden Rohren auf. Das Ganze steht auf einer glatten Unterlagsplatte.

Der Einguss muss stets mit Lehm ausgekleidet sein, damit der Stahl nicht zu frühzeitig erstarrt, und ebenso müssen es die Bodenkanäle sein, wenn man nicht vorzieht, das ganze Bodenstück aus gebranntem Thone herzustellen.

Nach diesem Verfahren hat man wohl auch Gruppenformen für 6 oder 12 Blöcke mit einem centralen Eingusse hergestellt [1]).

Bei Masseformen wird der steigende Guss mit Vorliebe angewendet und der Kanal dazu mit eingeformt.

Während sich dies Verfahren beim Masseguss ganz allgemein eingebürgert hat, ist es beim Blockguss in eisernen Formen vielfach wieder aufgegeben worden, weil man gefunden hat, dass erstens die Formen wegen der hohen Temperatur, welchen sie in Folge der grossen Stahlmenge ausgesetzt sind, wenig haltbar gemacht werden können, und dass zweitens der Abfall, welcher in den Kanälen und im Eingusse entsteht, zu gross ist, um den Vortheil grösserer Reinheit von Schlacke aufzuwiegen, endlich auch der Stahl leicht zu kalt wird, ehe er die Formen füllt.

Das Giessen.

Das Giessen des Stahls erfordert, abgesehen von der richtigen Beurtheilung des Hitzegrades, eine grosse Uebung des dabei betheiligten Arbeiterpersonals.

Fig. 194.

Fig. 195.

Zweitheilige Steigform.

Der Stahl muss in gleichmässigem Strahle in die Form gelangen. Die Fallhöhe muss möglichst gering sein. Werden mehrere Tiegel in eine Form ausgegossen, so darf eine Unterbrechung nicht eintreten. Der Stahlstrahl des neuen Tiegels muss deshalb zu fliessen beginnen, ehe der des vorhergehenden aufgehört hat. Eine jede Unterbrechung macht in Folge einer auf der Oberfläche eintretenden Abkühlung eine unganze Stelle. Die Stahltheile mischen sich nicht hinreichend.

Der Guss erfolgt der Regel nach und stets mit dem besten Erfolge direct aus den Tiegeln in die Form. Ist letztere von so grossem Inhalte, dass zu hinreichend schneller Füllung gleichzeitig mehr als zwei Tiegel ausgegossen werden müssen, so ist der Regel nach der Raum am Eingusse zu beengt. In diesem Falle legt man seitwärts von der Form Sammelgruben an, welche durch Rinnen mit jener verbunden sind. Gruben und Rinnen bestehen aus getrocknetem Lehme. Auch hier kann die Aufmerksamkeit auf Vermeidung jeder Unterbrechung des Stahlstrahls nicht entbehrt werden.

---

[1]) Kerpely, Fortschritte 1868, S. 243.

Zuweilen wird der Gussstahl in einer Pfanne, welche nach Art der beim Bessemern oder bei der Flammofenflussstahlerzeugung angewendeten Giesspfanne eingerichtet ist und ihren Abfluss im Boden besitzt, gesammelt; aber mit dieser Vorrichtung gelingt niemals der Guss so gut wie bei directem Giessen oder bei Anwendung von Sammelgruben.

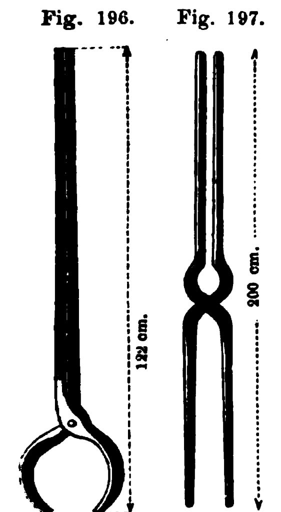
Nach Füllung der Form bis in den Eingusstrichter muss stets noch flüssiger Stahl in Vorrath bereit gehalten und ohne Unterbrechung nachgefüllt werden, wenn die Form nicht sofort geschlossen wird, weil sich beim Abkühlen der Stahl zusammenzieht (sockt) und Schalen an den Wandungen sowie Hohlräume im Innern entstehen. Ein Pumpen mit Eisenstangen, wie bei der Giesserei mit Roheisen, ist nicht zulässig.

Die Schlacke wird beim Ausguss der Tiegel durch hölzerne Stäbe oder Schlackenballen zurückgehalten, bei Sammelsümpfen auch noch einmal vor dem Abflusse in die Rinne.

Das Giessverfahren im Einzelnen.

Giessen des Stahls direct in die Form. Der Schmelzer fasst den Tiegel mit der in Fig. 196 abgebildeten Zange und giesst ihn in die Form aus, indem er darauf achtet, dass der Stahlstrahl jede Berührung mit den Wandungen vermeidet. Zeigt sich vor dem Gusse eine starke Schlackendecke, so wird diese vermittelst einer eisernen Stange (*flux stick*), an der sich ein erstarrtes Schlackenstück befindet, berührt, worauf sie zerspringt und sich zum Boden des Tiegels senkt [1]). Geringere Mengen werden durch einen Holzspahn beim Giessen selbst zurückgehalten. Grössere Tiegel fasst man mit doppelarmigen Zangen, wie deren eine in Fig. 197 abgebildet ist. Der Tiegel kann so von zwei Arbeitern getragen und gekippt werden und lässt sich mit grösserer Sicherheit und Leichtigkeit ausgiessen.

Fig. 196. Fig. 197.



Das Giessen erfordert ganz besondere Vorsicht. Damit der Stahl nicht an die Wandungen schlage, muss der Einguss genau senkrecht stehen. Die Form selbst sollte zwar stets dieselbe Stellung haben, aber bei kleinen Güssen findet man auch ohne merkbaren Nachtheil eine etwas geneigte Lage angewendet.

Das Giessen erfolgt langsam und gleichmässig. Jedes Absetzen erzeugt sogenannte Schweissnähte, d. h. Stellen, an welchen die Vereinigung

---

1) Percy, Iron, p. 836.

der einzelnen Krystalle offenbar durch eine wenn auch noch so schwache Oxydhaut verhindert wird.

Zu schnelles Giessen wirkt ganz ähnlich wie eine zu hohe Temperatur des Stahls, d. h. das Metall nimmt ein sehr grosses Volumen ein, sinkt bald stark unter Zurücklassung erstarrter Krusten an den Formwandungen und giebt Hohlräume, kurz einen undichten Guss. Jedenfalls hat die beim schnelleren Falle des Metalls stärker angesaugte atmosphärische Luft hierbei einen wesentlichen Einfluss.

Zu langsames Giessen wirkt ähnlich einer zu niedrigen Temperatur. Der Stahl scheint in grösseren Krystallen zu erstarren und giebt ein schlecht beschaffenes, namentlich leicht brüchiges Product.

Masseformen erfordern einen viel hitzigeren Stahl als eiserne Formen.

Giessen mit Sümpfen. Für grössere Güsse müssen aus den eben erörterten Gründen Sammelgruben oder Sümpfe angelegt werden. Das Ausgiessen der Tiegel muss hier in genau vorgezeichneter Ordnung erfolgen, damit keinerlei Unterbrechung eintreten kann. Das Arbeiterpersonal muss auf militärische Pünktlichkeit eingeübt sein, die Zeichen und Winke des den Guss leitenden Meisters genau verstehen und sie ohne Lärm und Geschrei befolgen. Wohl nirgends in der Welt werden grosse Güsse mit solcher Vorzüglichkeit ausgeführt, wie in der Krupp'schen Gussstahlfabrik.

Giessen aus der Pfanne. Die Giesspfanne des Bessemerprocesses wird über die Formen fortgeführt, während beim Flammofenflussstahlprocesse oft die Formen unter der Pfanne fortgezogen werden. Das Erstere ist vorzuziehen, da es nicht vortheilhaft ist, die Formen nach ihrer Füllung zu bewegen. Bei dem Giessen des Gussstahls bleiben Pfanne und darunter befindliche Form an ihrem Platze. Hat das Gussloch der Pfanne die richtige Stellung, so wird das im Boden befindliche und an einer Stange befindliche Ventil [1]) vermittelst des aussen befindlichen Hebels geöffnet und zwar in dem Maasse, dass ein gleichförmiger und zusammenhängender Strahl erfolgt. Ist die Form gefüllt und sollen noch mehre folgen, so wird das Ventil geschlossen bis die Ausflussöffnung mit der nächsten Form correspondirt. Nicht immer gelingt das Schliessen des Ventils und dann muss man mit möglichst wenig Zeitverlust bei geöffnetem Ausflussloch von einer Form zur anderen gehen.

Die Schlacke bleibt bei dieser Methode bis zuletzt in der Pfanne. Man lässt sie nach vollendetem Gusse in ein besonderes Gefäss ab, wonach die Pfanne umgekippt und möglichst von alten Rückständen befreit wird. Was sich in dieser Weise nicht entfernen lässt und zurückbleibt, wird mit Wasser bespritzt, dadurch spröde gemacht und durch leichte Schläge ausgeklopft.

---

[1]) Vergl. S. 355 und Fig. 126.

Beschaffenheit des Stahls nach dem Gusse.

Der eingegossene Stahl sprüht Funken, welche aus Metall bestehen und an der Luft unter sternartigem Aufleuchten verbrennen. Sie werden durch Entwickelung von Gasen ausgeworfen, die zum Theil in Form deutlicher Blasen aus der flüssigen Metallmasse aufsteigen.

Sobald das Sprühen aufhört, bemerkt man auf der Oberfläche deutlich das Spiel, hier Blume genannt, welches durch abwechselndes Bilden und Zerreissen eines Erstarrungshäutchens hervorgerufen wird und dessen Regelmässigkeit der Krystallisation zuzuschreiben ist.

Das späte Eintreten der Blume ist ein Beweis zu heissen, das Aufhören der Blume vor der Beendigung des Sprühens ein Beweis zu kalten Gusses.

Ehe das Erstarren des Stahls eintritt, d. h. bei dem Herabsinken der Temperatur auf einen noch über dem Schmelzpunkte liegenden Grad, welcher bei einer guten Arbeit immer unterhalb des Hitzegrades des fertigen Products liegen muss und etwa da beginnt, wo das Sprühen aufhört tritt eine weitere energische Gasentwickelung ein, welche ein Kochen und ein Steigen des Stahls zur Folge hat, wenn ihr kein Widerstand entgegengesetzt wird.

Dass während des Sprühens noch kein Steigen eintritt, kann theils daraus erklärt werden, dass die dann noch hinreichende Flüssigkeit des Metalls ein leichtes Entweichen der Gase gestattet, theils daraus, dass erst nach Aufhören des Sprühens eine heftige Gasentwickelung stattfindet, in Folge deren das Metall nicht mehr ausweichen kann, sondern mit empor genommen wird.

Wenn sich die Gasentwickelung auch, wie dies Seite 598 u. f. erörtert wurde, bei Rohstahlsorten, z. B. dem Bessemer- und Flussstahle, leicht dem Entweichen mechanisch eingeschlossener oder der Entstehung neuer Gasarten durch Einwirkung von Schlackentheilen auf den Kohlenstoff des Metalls bei sinkender Temperatur zuschreiben lässt, so ist die Erklärung für Gussstahl, welcher an sich keine Schlackentheile mehr zu enthalten braucht, deshalb schwer zu erklären, weil sich die Eigenschaft des Steigens bei demselben auch dann zeigt, wenn beim Giessen jeder Luftzutritt abgehalten worden ist, also ein mechanisches Mitreissen atmosphärischen Sauerstoffs nicht eingetreten sein kann.

Die im Folgenden mitgetheilten Versuche Böker's — vergl. S. 650 — geben so interessante Anhaltspunkte, dass der Verfasser glaubt, sie ausführlich mittheilen zu müssen, um daran weitere Schlüsse anreihen zu können.

Böker's Untersuchungen.

Den Versuchen wurden die drei folgenden Fragen zu Grunde gelegt.

1. Ist das verbrannte Gas, sowie überschüssiges unverbranntes Gas von Einwirkung auf die schmelzenden Materialien?

2. Wie wirkt der im Tiegel als Koks oder Grafit enthaltene Kohlenstoff auf die Materialien?

3. Wie ist die Wirkung der verschiedenen Zusätze; a. für sich, b. im Verein mit dem Kohlenstoff des Tiegels?

1. Einwirkung des verbrannten Gases.

Die Gase des Brennmaterials unterliegen einer sehr lebhaften Verbrennung. Man darf daher nur auf Einwirkung von Kohlensäure durch Eindringen in den Tiegel rechnen. Indessen könnten bei unvollkommener Verbrennung auch Kohlenwasserstoffe und Kohlenoxyd vorhanden sein.

Bei Schmelzung einer beliebigen Stahlsorte wurde ein Tiegel, in welchem die erste Schmelzung ausgeführt wurde, fest mit Thon verschmiert; ebenso wurde derselbe Tiegel bei der zweiten Schmelzung, als die Oberfläche ganz verschlackt und damit die Möglichkeit eines Durchdringens der Gase durch die Tiegelwände wohl ausgeschlossen war, mit Thon verschmiert.

Bei beiden Proben konnte man während der Schmelzung den Stahl nicht probiren, die Tiegel wurden aber mit den übrigen herausgenommen. In Bezug auf das Giessen und das Aussehen des Stahls zeigten die Proben nicht den geringsten Unterschied, beim Schmieden waren dieselben ebensowenig von dem anderen Stahl zu unterscheiden.

Die Analysen endlich ergaben ganz übereinstimmende Resultate, so dass man mit Sicherheit annehmen kann, dass die Gase im Ofen völlig ohne Einfluss sind auf die Vorgänge im Tiegel.

2. Einwirkung des im Tiegel als Grafit oder Koks enthaltenen Kohlenstoffs.

Um den Zugang an Kohlenstoff in den Stahl aus dem Tiegel zu bestimmen wurde eine Mischung von hartem Stahl (Tiegelgussstahl) und Schmiedeisen umgeschmolzen. Die Materialien waren möglichst frei von Oxyd, es konnte sich demnach keine Frischschlacke bilden. Die Möglichkeit, dass Kohlenstoff durch Schlacke oxydirt und herausgezogen werden konnte, war somit ausgeschlossen.

Es wurden umgeschmolzen:

15 Kg Stahl	von 0·92	Proc.	Kohlenstoff
10 „ Eisen	„ 0·1	„	„
25 Kg Stahl berechnet mit	0·6	Proc.	Kohlenstoff

und zwar einmal im Grafittiegel in drei aufeinander folgenden Schmelzungen (Touren) desselben Tiegels und dann im Thontiegel ebenfalls in derselben Weise. Die Analysen ergaben:

im Grafittiegel	1. Schmelzung	0·7	Proc.	Kohlenstoff
„	2. „	0·66	„	„
„	3. „	0·60	„	„
im Thontiegel	1. Schmelzung	0·66	„	Kohlenstoff
„	2. „	0·57	„	„
„	3. „	0·56	„	„

Der Grafittiegel enthielt etwa 35 Proc. Grafit, der Thontiegel 10 bis 12 Proc. Koks.

Im Grafittiegel hatte hiernach eine Kohlenstoffaufnahme stattgefunden bei der ersten und zweiten Schmelzung und zwar bei der ersten ziemlich bedeutend, während bei der dritten Schmelzung der Kohlenstoffgehalt der Berechnung entsprechend war.

Im Thontiegel war bei der ersten Schmelzung ebenfalls Kohlenstoff aufgenommen worden, aber weniger wie im Grafittiegel, wohl weil letzterer überhaupt mehr Kohlenstoff enthält; bei der zweiten und dritten Schmelzung war der Kohlenstoff ziemlich der Berechnung entsprechend. Es war mit diesen Versuchen die Thatsache festgestellt, dass der Stahl aus dem Tiegel Kohlenstoff auflöst und zwar hauptsächlich bei der ersten Schmelzung im Tiegel, während bei den nächsten Schmelzungen, wo die Tiegelwandungen verglast sind, der Stahl weniger oder gar keinen Kohlenstoff mehr aufnimmt. Dieses Resultat stimmte überein mit den Beobachtungen beim Schmelzen im allgemeinen, nach denen dieselben Mischungen bei der ersten Schmelzung in demselben Tiegel am leichtesten schmelzen, bei der zweiten weniger leicht und bei der dritten und vierten am schlechtesten.

3. Einwirkungen der verschiedenen Zusätze.

Die Zusätze bestanden hauptsächlich in Spiegeleisen und weissem Roheisen von Schmalkalden (Weissstrahl). Sie werden zugegeben um weichem Material Kohlenstoff zuzuführen. Gleichzeitig sind es schlackenbildende Zusätze und stehen auf diese Weise ebenso in Beziehung zu dem Gehalte des Stahls an Kohlenstoff.

Lediglich schlackenbildende Zusätze, wie Braunstein etc., werden selten angewendet.

Einfluss des Spiegeleisens.

Da meistens Spiegeleisen als Kohlenstoffträger und Schlackenbilder zugesetzt wird, so wurde hauptsächlich die Frage durchgeführt, wie dieser Zuschlag wirke.

Es wurden umgeschmolzen:

22·5 Kg	Eisen	mit	0·1	Proc.	Kohlenstoff
2·5 „	Spiegeleisen	„	4·6	„	„
		berechnet	0·55	Proc.	Kohlenstoff

und zwar im Thontiegel mit nur 4 Proc. Koks in der Tiegelmasse. Der Stahl schmolz sehr schlecht wegen des geringen Koksgehaltes des Tiegels, er brauchte sehr lange Zeit zum Ruhigwerden.

Die Analyse ergab 0·431 Proc. Kohlenstoff.

Es hatte somit eine bedeutende Kohlenstoffabnahme stattgefunden trotz der sehr manganhaltigen Schlacke, die einer Entkohlung doch entgegen sein sollte. Es lag übrigens die Möglichkeit vor, dass viel Oxyd als Rost mit den Materialien in den Tiegel gelangt war.

Dieselbe Mischung von:

22·5 Kg	Eisen	mit	0·1	Proc.	Kohlenstoff
2·5 „	Spiegeleisen	„	4·6	„	„
		berechnet	0·55	Proc.	Kohlenstoff

wurde im Grafittiegel umgeschmolzen. Der Stahl schmolz sehr gut und war ruhig beim Giessen. Der Tiegel enthielt 35 Proc. Grafit.

Die Analyse des Stahls ergab 0·88 Proc. Kohlenstoff.

Ausserdem enthielt der Stahl sehr viel Mangan und Silicium, was bei der Probe im Thontiegel ebenfalls nicht der Fall war.

Bei der Verarbeitung verhielt sich der Stahl sehr spröde und war in der Härte entsprechend einem Stahl von 1·2 und mehr Procent Kohlenstoff.

Die auffallende Kohlenstoffzunahme lässt sich nach den vorhergegangenen Versuchen weder aus der Wirkung des Spiegeleisens an und für sich als Kohlenstoffträger, noch aus der des Grafits im Tiegel an und für sich erklären. Es muss ein Zusammenwirken zwischen Spiegeleisen und Kohlenstoff des Tiegels stattgefunden haben.

Die Wirkung des Spiegeleisens lässt sich zum Theil als directe, zum Theil als indirecte erklären; direct, indem durch die Aufnahme von Mangan der Schmelzpunkt des Eisens erhöht wird, und je höher die Temperatur, desto leichter findet die Aufnahme von Kohlenstoff statt. Indirect ist die Wirkung des Spiegeleisens, indem durch die Bildung der fressenden, leichtschmelzigen Schlacke mehr Tiegelmaterial aufgelöst und dadurch der Kohlenstoff des Tiegels freigelegt wird.

Um über die beiderartige Wirkung des Spiegeleisens weiteren Anhalt zu gewinnen, wurden in einem Thontiegel ohne jeden Koksgehalt geschmolzen:

1. Probe Eisen und Spiegeleisen,
2. Eisen, Spiegeleisen und Grafit,
3. Stahl, Eisen und Grafit.

Erste Probe:	2 Kg	266·66 g	Spiegeleisen . .	4·6 Proc. Kohlenstoff
	22 „	733·33 „	Eisen	0·1 „ „
			berechnet	0·5 Proc. Kohlenstoff

Die Schmelzzeit dieser Probe betrug 7 Stunden, eine sehr lange Zeit, wofür der Grund in dem Fehlen von Koks oder Grafit im Tiegel zu suchen war. Der Stahl zeigte sich bei der Bearbeitung sehr weich.

Die Analyse ergab 0·41 Proc. Kohlenstoff.

Zweite Probe:	22 Kg	732·33 g	Eisen	mit 0·1 Proc. Kohlenstoff
	2 „	266·66 „	Spiegeleisen	„ 4·6 „ „
wurden mit		250 g	Grafit geschmolzen.	

Die Probe schmolz sehr gut; das Product konnte mit den gewöhnlichen Stahlsorten herausgenommen werden und liess sich sehr ruhig giessen.

In der Bearbeitung zeigte sich der Stahl knallhart.

Die Bruchfläche zeigte ein feines Korn und ein schmutziges Aussehen.

Die Analyse ergab 1·5 Proc. Kohlenstoff.

Der Grafit war nach Böker vollständig gelöst worden von dem Stahl in Gegenwart von Spiegeleisen, obwohl das schmutzige Aussehen des Bruches einige Zweifel hierüber lässt.

Dritte Probe:	15 Kg harter Stahl	mit 0·9 Proc. Kohlenstoff
	10 „ Eisen	„ 0·1 „ „
wurden mit	374·99 g Grafit geschmolzen.	

Der Stahl schmolz ebenfalls sehr schön, war in der Bearbeitung knallhart und verhielt sich im übrigen wie der vorhergehende.

Die Analyse ergab 1·6 Proc. Kohlenstoff.

Es hatte also dieselbe Kohlenstoffaufnahme auch ohne das Spiegeleisen stattgefunden.

Es war mit diesen Versuchen festgestellt, dass die directe Einwirkung des Spiegeleisens auf die Kohlenstoffaufnahme durch seinen Mangangehalt eine geringe war, dass aber die indirecte Wirkung durch Auflösen des Tiegels hauptsächlich die Kohlenstoffaufnahme veranlassen muss.

Diese indirecte Wirkung des Spiegeleisens ist also eigentlich als eine mechanische zu bezeichnen, indem durch sie nur der Kohlenstoffgehalt des Tiegels freigelegt und zur Aufnahme in das Metall disponirt wird.

Um die Enwirkung der Schlacke auf die Kohlenstoffaufnahme weiter zu verfolgen, wurden folgende drei Proben geschmolzen:

18 Kg	750 g	Stahl
5 „	250 „	Eisen
— „	750 „	Spiegeleisen
berechneter Kohlenstoffgehalt 0·744 Proc.		

Diese Mischung wurde geschmolzen in demselben Thontiegel aus Masse mit 10 bis 12 Proc. Koks in drei aufeinander folgenden Schmelzungen.

Die Analyse ergab:

1. Schmelzung	. . 0·8 Proc.	Kohlenstoff
2. „	. . 0·75 „	„
3. „	. . 0·57 „	„

Dass die Kohlenstoffaufnahme bei der ersten Schmelzung nicht so bedeutend war, wie bei den früheren Versuchen, lässt sich aus der geringeren Menge Mangan erklären, wodurch weniger Tiegelmaterial aufgelöst war.

Der Unterschied im Kohlenstoffgehalte war auffallend.

Die Erklärung dafür muss in der Verschiedenheit der Zusammensetzung und damit der verschiedenen Wirkung der Schlacke gesucht werden. Wenn der Tiegel zum ersten Male beschickt wird, so nimmt der geschmolzene Stahl aus der Oberfläche des Tiegels Kohlenstoff auf.

Es bildet sich aus der Kieselsäure des Thons und dem aus dem Sauerstoffgehalte des der Regel nach dem Eisen anhaftenden Rostes und des mit der eingeschlossenen Luft sich bildenden Eisen- und Manganoxyduls eine leichtschmelzende Bisilicatschlacke, welche unter Aufnahme von Thonerde nach Böker's Ansicht in eine schwerschmelzige Singulosilicatschlacke übergeht. Nach der Grösse des Mangangehaltes, welche den Schmelzpunkt der Schlacke herunterzieht, richtet sich die Aufnahme von Thonerde. Durch dieses Verschlacken des Tiegelmaterials wird Kohlenstoff blossgelegt und vom Stahl aufgenommen.

Beim Ausgiessen des Stahls ist es nicht möglich, die Schlacke ganz abzuziehen, sie bleibt zum Theil im Tiegel hängen. Der Tiegel wird zum zweiten Male beschickt, der Stahl findet nicht, wie beim ersten Male, Kohlenstoff an der Oberfläche des Tiegels vor.

Die Schlacke wirkt also nicht in demselben Maasse auflösend und Kohlenstoff freimachend; sie ist von vornherein der Zusammensetzung des Singulosilicates mehr angenähert.

Bei der dritten Schmelzung endlich ist die eisenreiche basische Schlacke eher geneigt eine Entkohlung zu begünstigen, als eine Kohlenstoffaufnahme durch Auflösen von Tiegelmaterial zu veranlassen.

Folgende drei Schmelzproben geben einen weiteren Beweis für die Einwirkung der Schlacke auf den Kohlenstoffgehalt.

Eine Mischung, deren berechneter Kohlenstoffgehalt 0·88 Proc. betrug, wurde umgeschmolzen im Thontiegel.

Bei der ersten Schmelzung ergab die Analyse 1·026 Proc. Kohlenstoff.

Bei der zweiten Schmelzung in demselben Tiegel wurde der Mischung 1 Kg Stahl zugegeben und 1 Kg Eisen abgezogen, um wo möglich eine gleiche Härte zu erzielen.

Die Analyse ergab 0·91 Proc. Kohlenstoff.

Es hatte nicht in demselben Maasse wie bei der ersten Schmelzung ein Auflösen von Tiegelmaterial stattgefunden, der Stahl enthielt daher weniger Kohlenstoff.

Dieselbe Mischung wie bei der ersten Schmelzung wurde im absoluten Gewichte verringert. Der Schlackenstand also relativ vermehrt.

Die Analyse ergab 0·98 Proc. Kohlenstoff, ungefähr denselben Gehalt wie vorher. Die Schlacke hatte den Tiegel stärker angefressen, mehr Kieselsäure aufgenommen und mehr Kohlenstoff blossgelegt. Sie hatte daher nicht nur nicht entkohlend, sondern sogar verhältnissmässig Kohlenstoff liefernd gewirkt. Hiernach macht eine kieselsäurereiche Schlacke den Stahl hart, eine basische denselben weich.

Einfluss des weissen Roheisens.

Anstatt Spiegeleisen giebt man häufig einen Zusatz von weissem Eisen, welches den Nachtheil des grösseren Siliciumreichthums und des geringeren Mangangehalts gegen das Spiegeleisen hat. In Bezug auf die Schlackenbildung wirkt es wie das Spiegeleisen, und zwar der Grösse seines Mangangehaltes entsprechend.

Das zu den Versuchen angewendete weisse Roheisen von Schmalkalden enthielt 2·4 Proc. Kohlenstoff und 3·51 Proc. Mangan.

18 250 g	Eisen	mit	0·1	Proc. Kohlenstoff
6 750 „	weisses Eisen	„	2·4	„ „
	berechnet		0·72	Proc. Kohlenstoff

wurden geschmolzen im Thontiegel.

Die Analyse ergab 1·202 Proc. Kohlenstoff.

Einfluss des Braunsteins.

Als seltenerer Zusatz wird Braunstein verwendet.

Er wirkt wie das Mangan des Spiegeleisens und löst die Tiegelwandungen auf; aber sein Sauerstoffgehalt hindert die Kohlenstoffaufnahme.

28 Kg	750 g	Stahl	mit	0·8	Proc. Kohlenstoff	
— „	250 „	Spiegeleisen	„	4·6	„ „	und
— „	250 „	Braunstein				
		mit zusammen		0·3	Proc. berechneter Kohlenstoffmenge	

wurden im Thontiegel geschmolzen.

Die Analyse ergab 0·89 Proc. Kohlenstoff.

Böker zieht aus den angegebenen Proben folgende drei Schlussfolgerungen:

1. Die Vorgänge im Tiegel lassen sich zurückführen auf einen Schlackenbildungsprocess, wobei sich die Materialien des Tiegels, kieselsaure Thonerde und freie Kieselsäure, hauptsächlich betheiligen. Die freie Kieselsäure bildet mit dem als Rost in den Tiegel gelangenden Eisenoxyd — und dem durch mechanisch eingeschlossene Luft gebildeten Glühspan hätte hinzugefügt werden müssen — ein Eisensilicat und dieses geht mit dem an und für sich kaum schmelzbaren Thonerdesilicat ein bei der herrschenden Temperatur noch schmelzbares Doppelsilicat ein. Diese Schlacke löst Eisenoxydoxydul, welches in dieser Verbindung oxydirend auf den Kohlenstoff des Eisens wirkt. Es findet also im Tiegel der gewöhnliche Frischprocess statt, allerdings in einem geringen Maasse, entsprechend dem mit der Beschickung in den Tiegel gelangten Sauerstoff. Demgemäss findet auch vom Anfang der Einschmelzung an eine Entkohlung statt, und es ergeben auch alle Analysen von fertigem Stahl, der ohne Zusatz im Tiegel mit geringem oder fehlendem Kohlenstoffgehalt geschmolzen wurde, weniger Kohlenstoff, als nach den Analysen der einzelnen Stahl- und Eisensorten der Mischung darin sein müsste.

2. Da nun beim gewöhnlichen Betriebe nie in kohlenstoffarmen Tiegeln geschmolzen wird, da ferner meistens Zusätze von Spiegeleisen, weissem Eisen, Braunstein etc. der Mischung beigegeben werden, so kommen noch andere Einflüsse zur Geltung, die auf eine Kohlenstoffvermehrung hinwirken.

Diese Einflüsse lassen sich zurückführen auf die Zerstörung der Tiegelwandungen durch Aufnahme von Kieselsäure oder Kieselsäure und Thonerde aus denselben in eine sich bildende Schlacke. In Folge dieses Vorgangs wird der Kohlenstoffgehalt der Tiegelmasse blossgelegt und zum Eintritt in den Stahl veranlasst. Frische Tiegel, manganhaltige Beschickungen wirken auf stärkere Zerstörung und daher grössere Kohlenstoffaufnahme.

Ein vorhandener oder künstlich eingeführter Sauerstoffgehalt und die Bildung einer Frischschlacke wirken der Kohlenstoffaufnahme entgegen oder vermindern wieder den Kohlenstoffgehalt. Dieser Einfluss der Frischschlacke macht sich besonders in der zweiten Periode des Schmelzens (vergl. S. 664) geltend.

3. Der Stahl verliert die ihm beim Ausgusse vor vollständiger Gare, d. h. in der zweiten Periode, beiwohnende Eigenschaft des Steigens mehr oder minder durch fortgesetztes Schmelzen in der dritten Periode.

Es erklärt sich diese Erscheinung zum Theil daraus, dass der Stahl die absorbirten Gase wieder abgeben kann, aber es scheint noch ein anderer Grund des Steigens vorhanden zu sein, welcher wieder aufgehoben wird.

Je weniger Koks oder Grafit nämlich in der Tiegelmasse enthalten ist, desto schwieriger wird der Stahl nach dem Gusse ruhig; in einem

Tiegel, der gar keinen Kohlenstoff enthält, wird geschmolzener Stahl überhaupt nicht ruhig.

Dass der Kohlenstoff nicht diese Wirkung ausübt, scheint der Versuch darzuthun, wonach Gussstahl aus hartem steyerischem Rohstahl und schwedischem Cementstahl, beide mit über 1 Proc. Kohlenstoff ohne Zusatz in einem Tiegel, der wenig Koks enthielt, umgeschmolzen, durchaus nicht ruhig wurde. Die ersten Probeblöcke stiegen über die Form, erst ein dritter blieb in derselben; auf den Hof geworfen, sprang der Block aber plötzlich auseinander, und auf den Bruchflächen zeigte sich vollständige Krystallisation. Der Stahl hatte sonst keine Hohlräume oder Poren.

Böker glaubt annehmen zu müssen, dass der Stahl durch das Fehlen irgend eines Elementes der Beschaffenheit verlustig gehe, die denselben zum Giessen geeignet macht. „Dieses Element ist das Silicium. Der Gussstahl muss eine gewisse Menge davon aufnehmen, um sich ruhig giessen zu lassen. Dieses Silicium erhält der Stahl aus der Asche des Grafits oder Koks, indem die fein zertheilte Kieselsäure in der hohen Temperatur reducirt wird.

Daraus wird auch der grössere Siliciumgehalt des im Grafittiegel geschmolzenen Stahls gegen den im Thontiegel geschmolzenen erklärt, da der der Regel nach verwendete Ceylongrafit 20 Proc. Asche, der Koks dagegen nur 7 bis 10 Proc. enthält.

Sämmtliche Tiegelgussstahlanalysen zeigen übrigens einen bedeutenden Siliciumgehalt.

Einen Beweis für die Nothwendigkeit der Siliciumaufnahme könnte auch die Thatsache liefern, dass Tiegelgussstahl, der also schon die bestimmte Menge Silicium besitzt, ohne jeden Zusatz geschmolzen, sich ruhig giessen lässt."

Dieser Ansicht Böker's kann insoweit beigetreten werden, als eine Siliciumreduction aus der kohlenstoffhaltigen Tiegelmasse nicht nur möglich, sondern bei der Gegenwart reichlicher Mengen Eisen sogar auch wahrscheinlich ist, sobald die vorhandenen Oxyde durch Kieselsäure gesättigt sind; aber die Wirksamkeit des reducirten Siliciums ist wohl nur dieselbe, welche bei der Flussstahlerzeugung (Seite 513) erörtert worden ist, d. h. eine Fortnahme vorhandenen Sauerstoffs aus dem Stahl. Dadurch wird der letztere der Fähigkeit beraubt, beim Sinken der Temperatur Kohlenoxydgas zu entwickeln, welches das Steigen bedingt.

Wenn nun thatsächlich der Gussstahl der Regel nach Silicium enthält, so darf man doch nicht behaupten, dass er deswegen brauchbar sei, sondern darf nur zugeben, dass er trotzdem brauchbar sei, mit anderen Worten: Ein geringer Siliciumgehalt im Stahl ist weniger nachtheilig als jeder, selbst der geringste Sauerstoffgehalt.

Mittel, um das Steigen des Stahls zu verhüten.

Wenn es nun auch gelingt, durch hinreichend langes Schmelzen in kohlenstoff- und kieselsäurehaltigen Tiegeln einen Stahl zu erzeugen, der nicht mehr in der Form steigt, so ist doch die Schwierigkeit sehr gross, dieses Ziel überall und stets gleichmässig zu erreichen. Namentlich wird beim Giessen selbst leicht mechanisch Luft mitgerissen und von neuem Gelegenheit zur Gasentwickelung geboten, falls nicht hinreichende Mengen überschüssigen Siliciums vorhanden sind, welche sich noch nachträglich oxydiren können.

Bei den Rohstahlsorten, welche die Gase als Rückstand der Vorgänge ihrer Erzeugung enthalten, bedient man sich, abgesehen von den S. 512 u. f. besprochenen Zuschlägen, welche zur Reduction dienen und die Quelle der Gasentwickelung abschneiden, einer nachträglichen lange andauernden Erhitzung bei hoher Temperatur. Diese geschieht der Regel nach in Flammöfen, welche mit Gasfeuerung geheizt und mit Regeneratoren versehen sind. Da auch in diesen Apparaten eine Oxydation an der Oberfläche des Metallbades nicht verhindert werden kann, so ist es durchaus erforderlich, überschüssiges Mangan in dem Metalle zu besitzen oder solches hinzuzufügen, um eine Eisenoxydation und erneute Gasentwickelung zu verhindern.

Um beim Giessen eines bereits gasfreien Products nicht wieder von neuem Luft einzumengen, müssen Ausgusspunkt und Einflusspunkt möglichst nahe zusammenliegen. Noch vollständiger hat man versucht, den Zweck dadurch zu erreichen, dass man unter völligem Luftabschluss und unter Evacuirung des Giessraumes durch eine Luftpumpe den Guss ausführte. Hierbei wird entweder das Ausflussrohr des Sammelgefässes mit der Gussform durch eine aufgesetzte Haube luftdicht verbunden und nach Evacuirung der Gussform vermittelst einer Luftpumpe der Guss ausgeführt, oder es wird das Sammelgefäss sammt der Mündung der Gussform von einer Glocke bedeckt, welche mit der Luftpumpe in Verbindung tritt. Alle diese Einrichtungen sind sehr complicirt, verhindern die Besichtigung des gegossenen Metalls, erfordern viele Reparaturen und haben sich daher keinen allgemeinen Eingang zu verschaffen gewusst [1].

Da man indessen selbst unter Beachtung aller Vorsichtsmaassregeln selten mit Sicherheit jede Gasentwickelung verhindern kann, so ist man bestrebt gewesen, Mittel zu ersinnen, welche auch trotz Gasentwickelung das Steigen und Poröswerden verhindern. Dieselben kommen alle auf das gleiche Ziel hinaus, dem Gasdruck einen höheren Gegendruck entgegenzustellen.

---

[1] Mittheilungen und Abbildungen solcher Einrichtungen von Bell und Luthy finden sich z. B. in London Journal of arts. Novbr. 1865, p. 275, und Kerpely, Fortschritte 1866, S. 226; Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1873, S. 345.

Verschluss der Gussformen.

Das gewöhnlichste Mittel zur Erzeugung des Gegendruckes ist der Verschluss der Gussformen. Man füllt die Form nicht ganz, sondern nur bis zu einer vorher durch Kalk markirten Linie, bedeckt die Oberfläche, sobald das Sprühen aufhört, aber ehe das Steigen beginnt, mit einer Stahlblechplatte, welche öfters an der oberen Seite mit einer Oese oder einem kurzen Handgriff, wie Fig. 198 zeigt, versehen ist, füllt den übrigen Raum mit wenig angefeuchtetem Sande aus, drückt diesen schnell fest, streicht ihn mit der Oberkante der Form gleich und bedeckt das Ganze mit einer Platte, welche durch Keile an die Form angetrieben wird.

Fig. 198.



Pressung durch Stahlsäulen.

Wie bei jedem anderen Metallguss kann man grössere Dichtigkeit durch einen sogenannten verlorenen Kopf, d. h. durch eine auf das die eigentliche Form füllende Metall einen metallostatischen Druck ausübende Säule erreichen. Indessen lässt sich praktisch hiermit wenig Erfolg erzielen, da für jede Atmosphäre Ueberdruck, so lange der Stahl ganz flüssig bleibt, circa 1 m Metallsäule nöthig ist. Tritt aber Erstarrung an einzelnen Theilen ein, so wird der Druck leicht ganz aufgehoben.

Mechanische Pressung des Stahls.

Vielfach ist versucht worden, an Stelle des oben beschriebenen, durch die Hand ausgeführten Verfahrens einen durch Maschinen hervorgerufenen Druck zu setzen. Man hat hierbei eine doppelte Richtung verfolgt, nämlich entweder einen direct auf den Stahl wirkenden Stempel durch mechanische Kraft niederzudrücken, oder durch comprimirte Luft einen Gegendruck zu erzeugen.

Das letztere Verfahren scheint zuerst 1867 in Frankreich aufgekommen zu sein. Die Gussform stand hierbei, von Holzkohlen, als schlechten Wärmeleitern, umgeben, in einer luftdicht verschliessbaren Grube, welche durch ein Rohr mit einer Luftcompressionsvorrichtung in Verbindung gesetzt war. Das Gefäss blieb offen, nur die Grube wurde nach dem Gusse verschlossen. Das Verfahren hatte den erheblichen Nachtheil, dass für jede Gussform eine besondere Giessgrube mit Zubehör erforderlich wurde. Zudem ist noch folgender Umstand nachtheilig: Die Blasen, welche nach dem Gusse entstehen, pflegen sich hauptsächlich am Umfange des Gussblockes zu zeigen und hier senkrecht zur Erstarrungsfläche aus-

gedehnte längliche Räume zu bilden. Tritt nun comprimirte Luft in die Gussform, so vertheilt sich dieselbe beim Zusammenziehen des Stahls im Augenblick des Erstarrens an den Wandungen und führt eine lebhafte Oxydation der Blasenräume herbei, welche die Qualität des nachher bearbeiteten Blocks wesentlich beeinträchtigt [1]).

Das Verfahren den directen Druck eines meist durch Wasser bewegten Stempels auf den flüssigen Stahl anzuwenden, scheint zu gleicher Zeit mit dem vorher genannten in Frankreich und in England aufgenommen worden zu sein, im ersteren Lande von den Stahlfabrikanten Révollier, Biétrix & Co. zu St. Etienne und in England von dem bekannten Ingenieur Sir Joseph Whitworth, beide unbekannt mit den bereits seit 1856 von Bessemer angestellten ähnlichen Versuchen. 1868 wurde das Verfahren fabrikmässig zu Neuberg eingeführt.

Das französische Verfahren war [2]) Folgendes: Das dort aus den Flussstahlöfen abgestochene Metall wurde in Gusspfannen gesammelt, welche an einem Drehrohre befestigt waren. Nach der Füllung einer jeden Form wurde die letztere unter den Stempel einer hydraulischen Presse gebracht. Das Verfahren scheiterte hauptsächlich an der zu starken Abkühlung, welche der Stahl vor der Vollendung des Gusses und der Anstellung des hydraulischen Pressstempels erlitt.

Whitworth [3]) wendete seine Aufmerksamkeit weniger dem Drucke einfacher Stahlblöcke, als vielmehr der Compression von Kanonenrohren zu. Seine Methode, welche sich ebenfalls auf Benutzung eines durch Wasser bewegten Stempels gründete, hat zwar für den speciellen Zweck gute Resultate geliefert, aber keinen allgemeinen Eingang gefunden.

Er stellte die mit feuerfestem Futter versehene Form auf eine Platte, welche von dem Stempel einer hydraulischen Presse durchdrungen wurde. Nachdem ein Stempel auf die Oberfläche des flüssigen Stahls aufgesetzt und durch Schraubenpresse nachgedrückt war, kam der hydraulische Stempel in Aufgang und vollendete die Pressung.

Erst das Stahlwerk zu Neuberg in Steyermark hat einen so günstigen Erfolg zu erzielen vermocht, dass die Stahlpressung dort wohl zuerst fabrikatorisch eingeführt werden konnte [4]). Die Formen bestehen aus Gusseisen, sind gegen das Zerspringen durch starke umgelegte Reifen geschützt und stehen auf einer an der stahlberührten Fläche etwas ausgehöhlten und mit Thon ausgefütterten, gusseisernen Bodenplatte, mit der sie vermittelst einer starken Flansche verschraubt sind. Der der Regel nach quadratische Querschnitt mit abgestumpften Ecken geht im oberen Theile in die Kreisform über, um dort als Führung für den Press-

---

[1]) Vergl. Dingl. Polytechn. Journ. Bd. 194, S. 305 und Berg- u. Hüttenm. Zeit. 1873, S. 345. — [2]) Nach einer Mittheilung in Stummer's Ingenieur 1875, S. 19. — [3]) Hupfeld in Kärnthner Zeitschr. nach Journal of the Iron and Steel Institute 1871, No. 2. — [4]) Nach obiger Quelle ([2]) S. 47, deren Verfasser nicht genannt ist, und die mit einer perspectivischen Zeichnung ausgestattet ist.

stempel zu dienen. Die ganze Form sammt der Bodenplatte steht auf einem niedrigen Wagen. Derselbe wird über einen senkrecht unter dem Pressstempel befindlichen Amboss gefahren und ruht dort auf beweglichen Schienen, so dass sich bei Beginn des Druckes sofort das Gestell senkt und die Wagenplatte auf dem Ambosse aufruht, der also die bedeutende Pressung von angeblich 400 000 bis 700 000 Kg aufnimmt. Jeder Wagen trägt nur eine Form. Das Giessen erfolgt, nachdem der cylindrische Theil der Form durch ein lose angelegtes Blech vor der Verunreinigung durch Stahlspritzeln geschützt ist, von oben bis zu der vorher angezeichneten Höhe. Darauf wird vermittelst einer Zange der frei eingepasste cylindrische Stempel eingelegt und dann sofort die Form unter die Presse geschoben, welche innerhalb des Zeitraums von $^1/_2$ bis 1 Minute den Stahl hinreichend dicht presst, so dass der Block an Höhe etwa 3 bis 5 cm verliert. Es hat sich gezeigt, dass die schmale ringförmige Oeffnung, welche neben dem Stempel frei bleibt, nichts schadet, da der Stahl meist in derselben erstarrt und nur selten hinausgeworfen wird.

Eine weitere Ausbildung erlangte das Compressionsverfahren durch Daelen. Derselbe bemühte sich einestheils, für die nach der Füllung der Form verstreichende Zeit eine Verkürzung zu finden und anderentheils den Uebelstand zu vermeiden, der durch einen den ganzen Querschnitt der Form erfüllenden Kolben, welcher allein auf die schnell erstarrende Oberfläche des Stahls drückt, bisher entstanden war. Zuerst construirte er daher eine hydraulische Presse mit zwei in einander befindlichen Kolben[1]. Der innere trägt die Bodenplatte der Form, der äussere ist mit einem über der Form gelegenen Kreuzkopf, an welchem der Pressstempel befestigt wird, verbunden. Obwohl also hier sofort nach geschehener Füllung die Pressung beginnen kann, ist doch der Nachtheil nicht zu verkennen, welcher einestheils darin beruht, dass jede Form ihre eigene Presse verlangt, sowie anderentheils darin, dass die unten liegende Presse leicht der Verletzung durch überfliessenden oder beim Bersten der Form ganz ausfliessenden Stahl ausgesetzt ist.

Eine zweite Einrichtung, welche in Fig. 199 (a. f. S.) abgebildet ist, gestattet den Druck einer von unten gefüllten Gussform und zwar auf den unteren, daher jedenfalls noch flüssigen Theil.

Eine neben der Gussgrube unter der Hüttensohle *M* stehende hydraulische Presse *A* treibt den Kolben *B* gegen ein Einsatzstück *E*, nachdem die Form gefüllt ist. Die Füllung der auf einem Bodenstücke *C* stehenden und mit diesem durch schmiedeiserne Ringe und Keile *D* verbundenen Form geschieht durch das mit feuerfester Masse ausgefütterte Eingussrohr *G*. Bei der Füllung ist der Stopfen *E*, welcher auch aus feuerfester Masse besteht, geöffnet. Er schliesst sich selbstthätig beim Aufsteigen des Stahls. Ist die Füllung vollendet, so tritt die

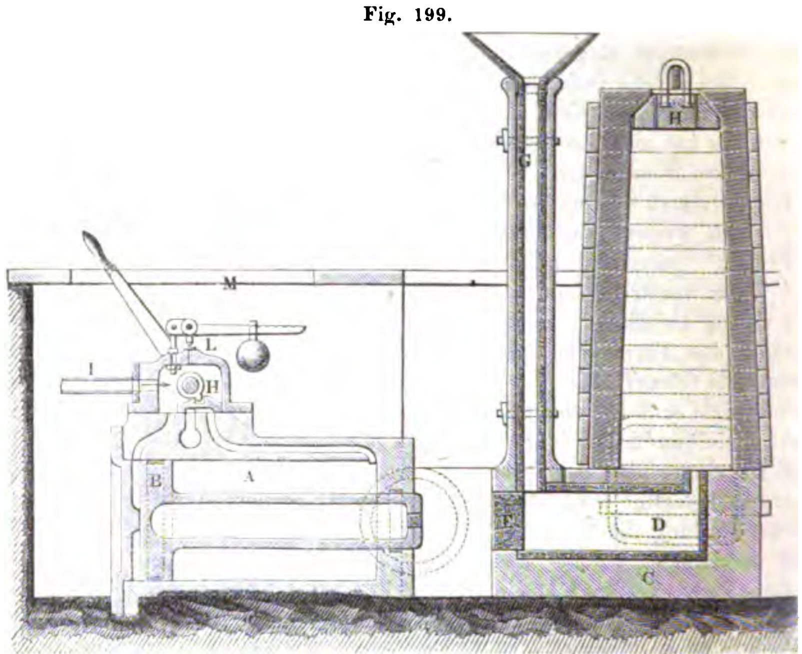
[1]) In Iron, 1875, p. 548, aus Stummer's Ingenieur abgebildet.

hydraulische Presse in Wirksamkeit, schneidet bald den Eingusskanal ab und presst nun von unten den Stahl zusammen.

Auch hier kann man mit einer hydraulischen Presse nur eine Form, welche allerdings auch eine Gruppenform sein kann, bedienen. Daelen wendete zu Creuzot Gruppenformen mit vier Abtheilungen an. Uebrigens ist der Uebelstand, der aus Beschädigung der Presse durch ausfliessenden Stahl entstehen kann, vermieden. Ein Nachtheil bleibt nur die Unanwendbarkeit für Güsse, welche von oben geschehen.

Ein Zeitgewinn ist durch diese Einrichtungen gewiss gegen die

Fig. 199.



Daelen's Stahlpresse.

Neuberger Methode erzielt, aber das Verfahren fällt auch wohl immer kostspieliger aus. Ein sehr beachtenswerther Fortschritt wurde durch die neueste Methode Daelen's gemacht, welche zwar wieder auf das Füllen der Formen von oben zurückgeht, auch den hydraulischen Stempel von oben einführt, aber diesen von etwa nur der Hälfte des Durchmessers macht, wie der der Form selbst ist. Zu diesem Zwecke ist die Form bereits vor dem Gusse mit einem nach innen schwach concav geformten Deckel verschlossen, welcher eine kreisförmige Oeffnung in der Mitte hat. Durch letztere erfolgt nicht nur der Guss, sondern es tritt auch der Stempel der Presse durch dieselbe ein. Sollte sich nach dem Gusse selbst eine schwache Erstarrungshaut gebildet haben, so dringt dieser verhältnissmässig dünne Stempel doch hindurch und übt nun seinen Druck nach den gewöhnlichen Gesetzen der Hydrostatik auf die ganze Stahlmasse gleichmässig aus.

Der Guss von Façonstahl unter hydraulischem oder anderen mechanischem namentlich Schrauben-Druck ist vielfach, aber bisher, wie es scheint, ohne sehr glücklichen Erfolg versucht worden [1]). Am besten ist hierbei immer noch ein hoher vorlorener Kopf befunden worden.

Praktisch ohne Erfolg sind Vorschläge geblieben, nach welchen die Spannung von anderen Gasarten als Luft angewendet werden sollte. So empfahl Galy-Cazalat 1866 [2]) Schiesspulver in die Form zu bringen, Bessemer 1871 [3]) eine Mischung von Anthracit und fein gepulvertem kohlensaurem Natron in einer Kammer, in welcher sich die Gussform befindet, zu verbrennen.

Wirkungen der Pressung.

Die Wirkungen der Pressung des flüssigen Stahls sind doppelter Art. Einmal werden die Gase, deren Entwickelung allerdings nicht dadurch verhindert werden kann, beim Erstarren auf einen kleinen Raum zusammengedrängt. Da nun bei allen späteren Manipulationen niemals wieder die hierbei herrschende Temperatur erreicht wird, so nehmen stets die Blasenräume einen verhältnissmässig kleinen Querschnitt in Anspruch, beeinträchtigen also nicht in dem Maasse die Festigkeit des Stahls, als wenn sie in dem ungepressten Stahl einen grossen Querschnitt einnehmen.

Zweitens vertheilen sich durch den die ganze Stahlmasse gleichmässig treffenden Druck die Gasblasen in der ganzen Masse [4]), wirken dadurch weniger nachtheilig und lassen sich bei nachheriger Bearbeitung leichter zusammenhämmern. Uebrigens äussert der Druck auch Einfluss auf die Krystallisation. Ein ohne Druck erstarrter Stahlblock ist stets in seinem oberen Theile, in dem er nicht von einer darüber liegenden Stahlsäule gedrückt wurde, gröber krystallinisch, als unten, ein unter Druck erstarrter dagegen in allen Theilen gleich fein krystallinisch.

---

1) Vergl. z. B. Tarr's Methode in Mechan. Magazine, December 1866, S. 405. — 2) Kerpely, Fortschritte 1866, S. 225. — 3) Journ. of the Iron and Steel Institute 1871, No. 2. — 4) Es mag wohl mehr zufällig sein, wenn, wie Einige gefunden haben wollen, sie sich auf die Axe des Stahlblockes zusammendrängen.

Zuschläge.

Zuschläge zur Vermehrung oder Verminderung des Kohlenstoffgehalts. Wenn keinerlei Veränderungen bei dem Schmelzen in Tiegeln eintreten, so müsste der Gussstahl genau soviel Kohlenstoff enthalten, als der Materialstahl. Dass dies nicht genau der Fall ist, beweisen die oben angeführten Resultate Böker's und Anderer. Durch Versuche kann man indessen in allen Fällen mit hinreichender Genauigkeit die unter sonst gleichen Umständen mit ziemlicher Beständigkeit eintretenden Veränderungen des Kohlenstoffgehalts im voraus feststellen. Der Regel nach bedarf man daher keiner Zuschläge, welche auf Vermehrung oder Veränderung des Kohlenstoffgehalts hinwirken, wenn man über verschiedenartige Materialien zu gebieten hat. Sind indessen die Materialien gegeben, so erhöht man den Kohlenstoffgehalt durch Zusatz von Holzkohle [1]) oder Spiegeleisen, erniedrigt ihn durch Zusatz von Schmiedeisen. Man erhält hierdurch Uebergänge zur Kohlenstahl- und zur Flussstahlbereitung.

Diese Zusätze werden der Regel nach auf den Boden des Tiegels gelegt, die Holzkohle in bohnengrossen Würfeln, Spiegeleisen in nussgrossen Stücken, Schmiedeisen in Form kleiner Abschnitzel, am besten in Form von Blech.

Das Verfahren ist hierbei Folgendes:

Schon beim Zerschlagen des Materialstahls lässt sich bei einiger Erfahrung nach dem Augenschein, sonst durch eine colorimetrische Probe über den Kohlenstoff des Stahls ein vorläufiges Urtheil fällen. Hiernach wird von einem grossen, zum Schmelzen vorbereiteten Haufwerke ein und derselben Sorte Materialstahls eine Probeschmelzung mit dem vorkommenden Falls für erforderlich gehaltenen Holzkohlen-, Spiegeleisen- oder Schmiedeisen-Zusatz veranstaltet. Die Prüfung des aus dieser Probeschmelzung hervorgegangenen Gussstahls giebt nun Belehrung, ob dieselbe Beschickung des Rohstahls beizubehalten oder zu modificiren sei, wonach in einzelnen Fällen eine zweite Probeschmelzung nothwendig erscheinen kann.

Beispiel. In Sollingerhütte wird als Rohstahl ein aus Schmalkaldener Roheisen bei Holzkohlen im Herde gefrischtes Product angewendet.

In Folge verschiedener Anforderungen, die an die Qualität des Gussstahls gemacht werden, darf derselbe mit Berücksichtigung der sich gleichbleibenden Zunahme an Kohlengehalt aus der Tiegelmasse entweder gar keinen Zusatz erhalten, um die schweissbare Gussstahlsorte darzu-

---

1) An Stelle von Holzkohle ist auch Grafit, thierische Kohle, Rus, Theer, Pech, Petroleum u. s. w. vorgeschlagen worden, von denen nur Theer sich in soweit Eingang zu verschaffen gewusst hat, als zuweilen die Rohstahlstücke vor dem Einsatz in den Tiegel in heissem Zustande darin eingetaucht werden.

stellen, oder der Kohlenzusatz für die weniger schweissbare Sorte wird nach bereits erläuterter Probearbeit ermittelt.

Nach Versuchen über den Kohlenstoffgehalt der beiden Hauptgussstahlsorten hat sich der Kohlenstoffgehalt der schweissbareren Sorte zu 0·83 Proc. ergeben, während die weniger schweissbare Sorte 1·11 Proc. enthält.

Zuweilen müssen zu einem oder dem anderen Zwecke mehrere zwischenliegende Sorten erzielt werden. Es macht dies auch keine Schwierigkeit und gerade darin liegt ein grosser Vortheil der Gussstahlfabrikation.

Zuschläge, welche der Oxydation entgegen wirken. Da mit dem Rohstahl stets Sauerstoff in den Tiegel gelangt, sei es in Form von Oxyd, als Rost oder Hammerschlag, sei es als eingeschlossene Luft, so giebt man vielfach einen wenn auch geringen Zuschlag an Mangan, der auch durch Silicium vertreten werden kann.

Mangan, als Kohlenmangan [1]) oder in Form von Manganoxyden mit Zusatz von Kohlenstoff wurde als ein Zusatz beim Gussstahlschmelzen zuerst 1839 von Heath vorgeschlagen [2]).

Er hoffte dadurch den Gussstahl, welcher bis dahin in England stets in einem unschweissbaren Zustande dargestellt wurde, schweissbar zu machen. In der That gelangte er zu diesem Resultat und seit dem Bekanntwerden des Verfahrens ist es sowohl in Sheffield als anderweit in grossem Maassstabe benutzt worden. Namentlich wurde lange Zeit eine innige Mischung von Manganoxyd und Steinkohlentheer angewendet, welche getrocknet und durch Erhitzung in verschlossenen Gefässen zu Stücken umgeformt war. Ist die Mischung nicht innig, so erfolgt keine Reduction und dann das Gegentheil von dem, was beabsichtigt wurde: Das Mangan zerstört den Tiegel und hindert die Reduction von Silicium. Später ist dann, namentlich in Deutschland, das Spiegeleisen oder das Ferromangan an die Stelle dieser Mischung getreten.

Es erscheint eigenthümlich, dass ein aus Cementstahl allein hergestellter Stahl nicht schweissbar sein sollte, dagegen ein solcher bei Zusatz von metallischem Mangan oder einem sich während der Erhitzung reducirenden Mangan diese Eigenschaft erlangen sollte. Mit Recht bemerkt Percy dazu, dass der mit dem Mangan eingeführte Kohlenstoff unmöglich diese Eigenthümlichkeit hervorrufen könne, da er gerade das Umgekehrte bewirken müsste.

Percy liess in seinem Laboratorium deshalb zwei Stahlstücke, welche in der üblichen Weise in Sheffield, eines mit Zusatz von Mangan, das andere ohne denselben hergestellt waren, von Dick untersuchen — leider wurde der Kohlenstoffgehalt nicht bestimmt. — Sie ergaben:

---

[1]) Siehe Seite 513 und 528. — [2]) Improvements in the manufacture of iron and steel. A. D. 1839, April 5. th. No. 8021, vergl. auch Seite 513 und Seite 275.

	I. Stahl ohne Mangan geschmolzen	II. Stahl mit Mangan geschmolzen
Eisen	99·05	99·09
Mangan	0·03	0·10
Silicium	0·24	0·24
Schwefel	0·05	0·07
Phosphor	0·02	0·02
Aluminium	0·12	0·01
Kohlenstoff (nicht bestimmt)	—	—
	99·51	99·53

In No. II. wurden bei der Behandlung von grösseren Mengen auch Spuren von Blei, Zinn und Kupfer gefunden, während No. I. einer solchen Prüfung nicht unterworfen wurde. Beide Stahlsorten lösten sich ohne Rückstand in Chlorwasserstoffsäure. Weder Kalk noch Magnesia konnte entdeckt werden.

Percy[1]) bemerkt hierzu, dass die Wirkung des Mangans in einem Eintritt dieses Stoffs in den Stahl und einer Ausscheidung von Aluminium bestehe, ohne darauf eine Schlussfolgerung zu gründen.

Sanderson drückt sich über die Wirkung des Mangans in einer Mittheilung an Percy folgendermaassen aus[2]):

„Das Mangan, welches gebraucht wird, ist soweit ich es kennen gelernt habe, eine Kohlenstoffverbindung dieses Metalls mit einer beträchtlichen Menge Silicium, welches ebenfalls in die Masse übergeht. Es unterliegt keinem Zweifel, dass der Stahl durch diesen Zusatz gleichförmiger in seiner Textur wird, doch glaube ich nicht, dass dies von dem Metalle Mangan herrührt, welches sich mit dem Eisen legirt. Dies ist nur ein Flussmittel, welches sich bei einer hohen Temperatur mit dem Stahl vereinigt und welches, wenn es auch die Gleichmässigkeit des Products veranlassen mag, zweifellos dessen Elasticität beeinträchtigen wird.“

Parry hat später die Eigenschaften eines mit Mangan legirten Stahls untersucht und kam zu dem Resultate, dass Mangan rothbrüchigen Stahl verbessert und zwar in dem Grade, dass Gussstahl, welcher nur bei

[1]) Percy erörtert bei dieser Gelegenheit ausführlich den unerquicklichen Patentstreit zwischen dem Erfinder Josiah Marshall Heath und seinem früheren Agenten Unwin, der sich um die Frage drehte, ob es etwas Anderes sei, Kohlenmangan oder Manganoxyd und Kohlenstoff anzuwenden, da Heath in seinem Patente nur das Erstere direct in Anspruch genommen hatte, und entscheidet sich zu Gunsten von Heath, während er doch in einem ganz ähnlichen, nur nicht zur gerichtlichen Cognition gekommenen Falle zwischen Parry und Bessemer sich dahin äusserte, dass es etwas ganz Verschiedenes sei, ob man ein im Hochofen erblasenes Roheisen dem Bessemerprocesse unterwerfe oder ein durch Umschmelzen im Kupolofen hinreichend gekohltes Schmiedeisen. (Siehe Seite 335, 521 und 569.) Wie schwierig ist doch die Entscheidung darüber, was neu und eigenthümlich ist, und wie leicht neigt sich selbst der Unparteiischste dazu, nach Billigkeitsgründen und nicht nach dem Wesen der Sache zu urtheilen. — [2]) Percy, Iron p. 847.

dunkler Rothglut gehämmert oder gewalzt werden kann, nach Legirung mit 0·5 bis 1 Proc. Mangan sich bei viel höherer, selbst bei Schweisstemperatur hämmern und walzen lässt, während die Gegenwart des Mangans in merklicher Menge den Stahl im kalten Zustand brüchiger macht.

Nach dem Seite 521 und 675 Erörterten müssen wir den Nutzen des Mangans, welches in der That sehr allgemein, jetzt nicht sowohl in der Gestalt des Kohlenmangans, als vielmehr in der des Ferromangans und des Spiegeleisens bei der Gussstahlfabrikation benutzt wird, nicht in seinem Uebergange in den Stahl an sich suchen, sondern in der Eigenschaft sich eher mit Sauerstoff zu verbinden, als das Eisen. Wenn daher ein Stahl durch Sauerstoffgehalt rothbrüchig erscheint, wird ein Mangangehalt ihn verbessern; ein Stahl, welcher bei dem Versuche ihn zu schweissen durch Oxydation rothbrüchig wurde, wird davor geschützt durch einen Mangangehalt, welcher sich oxydirt und unter allmäliger Abnahme bis zu seinem Verschwinden dieselbe Wirksamkeit ausüben wird.

Es sei hier noch bemerkt, dass man das Mangan der Regel nach auf den Boden des Tiegels bringt, ehe man den Stahl einsetzt, zuweilen es aber auch erst zugiebt, nachdem die Schmelzung ziemlich vollständig geworden ist.

Wie Silicium ganz ähnlich wirkt und wie dies aus den Tiegelwandungen reducirt werden kann, ist bereits Seite 681 ausführlich erörtert. Absichtlich giebt man Silicium wohl nirgends als Zuschlag, weil ein Ueberschuss daran, welcher in den Stahl geht, für dessen Eigenschaften weit gefährlicher ist, als ein etwaiger Ueberschuss an Mangan.

Neutrale Zuschläge. Zuschläge, welche keine chemischen Veränderungen hervorrufen, weder kohlend, noch entkohlend, noch reducirend wirken sollen, kommen in Form von eisenfreien Silicaten mehrfach zur Anwendung.

Ein sehr gebräuchlicher sogenannter neutraler Fluss, welcher nur den Zweck hat, in solchen Fällen, in denen zur Untersuchung des Stahls der Deckel entfernt wird, den Luftzutritt abzuhalten, und bei dem hauptsächlich nur darauf zu sehen ist, dass er die Tiegelwandungen nicht angreift, besteht aus:

2 Gewichtstheilen alter gestossener (Thon-) Tiegel,
1 Gewichtstheil gebrannten Kalks (Kreide),
1 " gestossenen Flaschenglases.

Zuschläge zur Verbesserung des Stahls. Die zahlreichen, Seite 257 u. f. mitgetheilten Zuschläge, welche hauptsächlich den Zweck haben sollen, aus einem schlechten Materiale ein gutes Product darzustellen, kommen bei der Gussstahldarstellung auch zum Vorschein, so ausser Braunstein und zahlreichen Mischungen, in denen dieser die Hauptrolle spielt, Kochsalz, Cyankalium, Blutlaugensalz, doppelt chromsaures Kali, Borax, Kalk, Potasche, Soda u. s. w. Ferner gehören hierher

die sogenannten Legirungszusätze, wie Mangan, Wolfram, Titan, Nickel, Aluminium, Gold etc.

Die Möglichkeit, den Stahl mit solchen Stoffen zu legiren ist zum grössten Theil bereits früher [1]) ausführlich besprochen.

Hier möge Folgendes darüber zusammengefasst werden: Stahl und Kupfer in geringen Mengen lassen sich beim Umschmelzen legiren, aber das Kupfer verschlechtert die Eigenschaften des ersteren wesentlich und ruft schon bei 0·5 Proc. Rothbruch hervor [2]). Zink [3]) verflüchtigt sich, ebenso wie Kadmium vollständig und im Stahl lässt sich davon nichts mehr nachweisen. Proben von angeblichem Kadmiumstahl zeigten bei einer Untersuchung im Laboratorium der Bergakademie zu Berlin keine Spur Kadmium. Mangan lässt sich in allen Verhältnissen mit Stahl legiren, hat in kleinen Mengen keinen nachtheiligen Einfluss darauf, vermindert aber in grösseren Mengen die Festigkeit und erhöht die Härte [4]). Zinn vermehrt die Härte und wirkt auf feinkörnige Structur, verflüchtigt sich aber zum grössten Theil bei der Umschmelzung [5]). Titan legirt sich schwer mit Stahl, erhöht dessen Härte, wirkt auf Bildung feinkörniger Structur. Blei bleibt regulinisch auf dem Boden des Tiegels, soweit es sich nicht verflüchtigt, was zum bei weitem grössten Theil geschieht [6]). Antimon verhält sich ähnlich, jedoch legiren sich geringe Mengen mit dem Stahl, machen ihn härter und kaltbrüchig [7]). Wismuth verhält sich wie Blei [8]). Nickel legirt sich leicht mit Stahl, giebt demselben grössere Härte, feineres Korn und einen höheren Schmelzpunkt, welcher leicht bis zur Unschmelzbarkeit der legirten Theile bei der Gussstahlfabrikation steigen kann, so dass das Product in Folge ungleichförmigen Flusses beim Anätzen Damascirung zeigt [9]). Kobalt verhält sich ebenso [10]). Quecksilber verflüchtigt sich vollständig [11]). Silber legirt sich gar nicht mit dem Stahl [12]). Gold legirt sich leicht mit Stahl, ohne dessen Eigenschaften wesentlich zu ändern [13]). Platin wirkt ganz ähnlich wie Nickel [14]), ebenso Rhodium und Palladium [15]). Aluminium ist schwer legirt, d. h. unoxydirt im Stahl zu erhalten und scheint keine nachtheiligen Einflüsse zu äussern, vielleicht auf Damast zu wirken [16]). Chrom verhält sich wie Nickel [17]). Wolfram erhöht die Härte, wirkt auf feines Korn und grössere Zähigkeit [18]). Molybdän verhält sich ähnlich dem Wolfram [19]).

Einen praktischen Werth, namentlich einen dem Preise der angewendeten Materialien entsprechenden Nutzen haben bei der Gussstahlfabrikation nur Mangan und untergeordnet Wolfram und Chrom ergeben.

---

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 193 u. f. — [2]) Ebendas. — [3]) Ebendas. S. 201. — [4]) Ebendas. S. 211. — [5]) Ebendas. S. 217. — [6]) Ebendas. S. 222. — [7]) Ebendas. S. 224. — [8]) Ebendas. S. 226. — [9]) Ebendas. S. 228. — [10]) Ebendas. S. 233. — [11]) Ebendas. S. 235. — [12]) Ebendas. S. 237. — [13]) Ebendas. S. 240. — [14]) Ebendas. S. 241. — [15]) Ebendas. S. 244. — [16]) Ebendas. S. 245. — [17]) Ebendas. S. 251. — [18]) Ebendas. S. 254. — [19]) Ebendas. S. 263.

Der Vortheil des Zusatzes anderer Metalle ist der Regel nach nicht darin zu suchen, dass sie als Legirung sich mit dem Stahl verbinden, sondern dass dieselben, wie namentlich das Mangan, den Sauerstoffgehalt des Products gänzlich absorbiren und daher unschädlich machen. Es kann daher auch nicht auffallen, wenn zahlreiche, vielfach angepriesene Legirungsstahlarten bei mechanischen Versuchen zwar wirklich vortreffliche Eigenschaften zeigten, bei der chemischen Analyse aber keine Spur des erwarteten Metalls entdecken liessen. Dies gilt sehr oft von Mangan-, Titan-, Wolfram- und Chrom-Stahl. Im übrigen sind die beiden letzteren Metalle, wenn sie wirklich im Stahl vorhanden sind, nicht ohne wichtigen praktischen Einfluss. Da sie nämlich die Härte des Stahls über den Grad hinaus erhöhen, welcher ihm vermöge seines Kohlenstoffgehalts an sich zukommen würde, so lässt sich mit einem solchen Stahle nach seiner Härtung ein anderer sonst gleicher Stahl ohne den Zusatz des betreffenden Metalls noch bearbeiten. So haben sich Wolframstahlmeissel z. B. in solchen Fällen wohl bewährt, in denen es gilt, gehärtete Stahlgegenstände oder Hartgusswaaren abzudrehen. Abgesehen von dieser Ausnahme indessen steht der Regel nach die erlangte Eigenschaft in keinem angemessenen Verhältnisse zu dem Werthe des Legirungsmetalls.

Will man einen günstigen Erfolg in Bezug auf die Bildung einer Legirung von vorherbestimmtem Metallgehalt erzielen, so darf man nicht etwa die Reduction dieses Metalls erst im Schmelztiegel vornehmen wollen, sondern muss in den Tiegel, am besten auf dem Boden desselben, das betreffende Metall bereits im regulinischen Zustande einsetzen.

Chemische und physikalische Beschaffenheit des Gussstahls.

Chemische Zusammensetzung. Der Gussstahl einer Krupp'schen Kanone enthielt nach Abel[1]):

Amorphen Kohlenstoff	1·18	Proc.
Silicium	0·33	"
Schwefel	Nichts	"
Phosphor	0·02	"
Mangan	Spur	"
Kobalt und Nickel	0·12	"
Kupfer	0·30	"
Eisen (Differenz)	98·05	"
	100·00	Proc.

Gussstahl von St. Etienne enthielt nach einer Analyse aus dem Probebuche der Bergschule zu Falun in Schweden [2]):

---

1) Analysen des Arsenals zu Woolwich, Percy Iron, p. 837. — 2) Berg- und Hüttenm. Zeit. 1870, No. 29.

Kohlenstoff	1·00	Proc.
Silicium	0·06	„
Schwefel	0·015	„
Phosphor	0·02	„
Mangan	0·08	„
Kupfer	geringe Spur	

Ein Gussstahl der Inneberger Hauptgewerkschaft aus Kapfenberg in Steyermark, untersucht von M. Lill und A. Eschka [1]), hatte:

Kohlenstoff	0·750	Proc.
Silicium	0·392	„
Schwefel	0·039	„
Phosphor	0·041	„
Mangan	0·392	„
Kobalt und Nickel	0·020	„
Kupfer	0·010	„

Gussstahl von Neuberg-Mariazell, untersucht von M. Lill [2])

Kohlenstoff	0·633	Proc.
Silicium	0·364	„
Schwefel	0·023	„
Phosphor	0·049	„
Mangan	0·328	„
Kupfer	geringe Spur	

Gussstahl der St. Egidi und Kindberger Gewerkschaft, untersucht von M. Lill und A. Eschka [3]):

Kohlenstoff	0·375	Proc.
Silicium	0·056	„
Schwefel	0·011	„
Phosphor	0·055	„
Mangan	0·164	„
Kobalt	0·025	„
Kupfer	0·050	„

Vereinzelte Bestimmungen in Sheffielder Stahl haben ausser dem selbstverständlich nach den verschiedenen Zwecken variirenden Kohlenstoffgehalte, welcher bis zu 2 Proc. steigt, kaum etwas Anderes als Mangan (unter 1 Proc.) und Silicium (durchschnittlich 0·5 Proc.) nachgewiesen.

Diese sowie alle ähnlichen Analysen haben keine grosse Bedeutung, wenn nicht gleichzeitig die physikalischen Eigenschaften, namentlich die absolute Festigkeit, Torsionsfestigkeit u. s. w. angegeben sind, aus denen sich erst ermitteln lässt, ob und welchen Einfluss die geringen Mengen fremder Bestandtheile haben.

In Legirungsstahlsorten ist, wie schon erwähnt, häufig keine Spur des betreffenden Metalls zu entdecken. So fand der Verfasser in soge-

---

[1]) Oesterr. Jahrb. 1874, S. 392. — [2]) Oesterr. Jahrb. 1873, S. 267. — [3]) Loc. cit.

nanntem Kadmiumstahl, in angeblich aus Titanstahl bestehenden Rasirmessern, H. Schwarz in Longmaid's Gold- und Platinstahl [1]) keine Spur des Zusatzmetalles. In anderem Titanstahl ist wirklich ein Gehalt an Titan, aber nach Gurlt [2]) höchstens bis zu 0·5 Proc. enthalten.

Auch in einzelnen angeblichen Wolframstahlsorten gelang es dem Verfasser nicht, eine Spur Wolfram zu entdecken, während derselbe in anderen Sorten wechselnde Mengen zwischen 1·5 und 8 Proc. nachweisen konnte [3]). Gurlt führt die folgende Analyse von Wolframstahl an:

	a.	b.	c.	d.
Wolfram . .	8·3	8·813	8·741	7·98
Kohlenstoff	—	0·424	0·386	1·40
Silicium . .	—	0·760	0·759	0·24
Mangan . .	1·73	2·575	2·480	—

Die Analysen beziehen sich sämmtlich auf den in Tiegeln hergestellten sogenannten Specialstahl Mushet's. a. ist von Heeren, b. und c. von Gintl und Janowsky, d. von Gruner angegeben.

Physikalische Beschaffenheit. Je gleichmässiger das Korn eines im übrigen blasenfreien Gusses ist, um so vorzüglicher ist bei sonst gleicher chemischer Constitution die Qualität des Stahls, ja man kann der Regel nach ohne weitere chemische Untersuchung die Güte des Stahls nach seinem Korn beurtheilen. Je grösser der Querschnitt des Stahlblockes ist, um so seltener wird die gewünschte Gleichmässigkeit des Korns erzielt, selbst unter den deswegen ausgezeichneten Blöcken der Krupp'schen Hütte kommen auch solche vor, bei denen eine Verschiedenheit wahrzunehmen ist, und bei denen das Korn nach innen zu gröber wird.

Der frische Bruch eines ungehämmerten Gussstahlbarrens zeigt eine graue, mehr ins Gelbliche als ins Bläuliche spielende Farbe. Auf der Oberfläche befinden sich zahlreiche meist halbkugelförmige Vertiefungen von ganz geringen Dimensionen, deren Oberfläche fast immer irisirt, d. h. also oxydirt ist, oft auch jene streifenförmigen Anordnungen kleiner Tropfen oder Krystalle zeigt, welche im gefeinten Eisen, im Bessemerstahle und in anderen Eisensorten auftreten.

Bei unvollkommenen Güssen setzen sich diese Höhlungen ins Innere fort. Sind sie dort auch oxydirt, so erhält man einen Stahl von geringer Qualität. Zuweilen kommen in der Axe grössere Hohlräume, deren Wände oft mit Krystallen besetzt sind, vor, der Regel nach ein Beweis, dass es an Stahlmasse zum Nachsocken mangelte.

Auf dem Bruche erkennt man deutlich eine gewisse regelmässige strahlige Anordnung, rechtwinklig zu den Abkühlungsflächen, welche nach dem Hämmern verschwindet und auch bei unter Druck erzeugten Güssen fehlt.

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. CLXII, 76 und amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873 (Gurlt). — [2]) Loc. cit. — [3]) Vergl. auch I. Abtheil.

Obwohl jeder reine Rohstahl einen guten Gussstahl geben sollte, so zeigt doch die Praxis, dass man den besten Werkzeugstahl, d. h. den für feine Schneidwerkzeuge, wie Messer, Scheeren etc., nur aus dem reinsten Rohstahle, d. h. aus Cementstahl herstellen kann.

Für andere Zwecke, wie Radreifen, Achsen, Kanonen, Scheibenräder und dergleichen mehr, ist Cementstahl zwar ebensowohl anwendbar, aber zu theuer, weshalb man dafür Puddelstahl und Bessemerstahl benutzt. Glühstahl, Flammofenstahl u. s. w. wird je nach seiner Reinheit nur für bestimmte Zwecke benutzt.

II. Das Schweissen.

Das Schweissen, beim Stahl Gärben genannt, beruht auf der Vereinigung getrennter Eisentheile schmiedbaren Eisens zu einem einzigen Stücke. Bedingungen hierfür sind metallisch reine Oberflächen, Weissglut und Druck.

Nur wo die Eisentheile, welche ebensowohl einzelne Eisenkrystalle, welche vorher locker mit einander verbunden waren, als einzelne, vorher völlig von einander getrennte compacte Eisenstücke sein können, im Augenblicke des Druckes eine vollkommen metallisch reine Oberfläche haben, kann die Vereinigung von statten gehen, weil jeder andere Körper, z. B. eine Oxydhaut, Schlacke, Kohlenstaub u. s. w., die Vereinigung hindern und eine trennende Schicht bilden würde. Die Weissglut ist ferner erforderlich, weil bei dieser Temperatur das schmiedbare Eisen sich in einem mehr oder weniger teigigen Zustande befindet und nur in diesem sich die Unebenheiten der Oberflächen, welche eine ununterbrochene Berührung aller Stellen verhindern würden, ausgleichen lassen. Der Druck ist endlich erforderlich, um diese Ausgleichung und das Aneinanderpressen aller Punkte zu bewirken, gleichzeitig aber auch, um etwa noch vorhandene entfernbare Körper zwischen den Eisentheilen auszupressen.

Da sich jedes Eisen nach seiner Erhitzung bis zur Weissglut in Berührung mit Luft äusserst lebhaft oxydirt und mit einer oft sehr starken Schicht Glühspan [1]) bedeckt, da es aber gleichzeitig praktisch fast unausführbar ist, erhizte Eisenstücke zusammenzupressen, ohne sie auf dem Wege vom Erhitzungsapparate zu der den Druck ausübenden Vorrichtung der atmosphärischen Luft auszusetzen, so bleibt nichts übrig, als ein Mittel anzuwenden, welches den Glühspan, dessen Bildung nicht zu umgehen ist, wieder fortschafft, und dieses Mittel ist das Singulosilicat des Eisens, welches [2]) in geschmolzenem Zustande mit Leichtigkeit bedeutende Mengen Eisenoxydoxydul zu lösen im Stande ist, ohne den

---

[1]) S. a. a. O. Abth. I, S. 75 u. S. 2. — [2]) Vergl. S. 10.

flüssigen Aggregatzustand zu verlieren, während das Eisenoxydoxydul allein sehr schwer schmelzbar ist.

Wenn sich daher nicht etwa zwischen den Eisentheilchen selbst von den vorhergegangenen Processen noch hinreichende Mengen eines solchen Singulosilicats befinden, so muss man es künstlich erzeugen. Dies geschieht unter Anwendung von Kieselsäure, dem sogenannten Schweisssande, welcher einen Theil des oxydirten Eisens als Oxydul aufnimmt und nach der Sättigung zum Singulosilicat den Rest löst.

Diese so gebildete flüssige Schlacke wird durch den Druck, welcher durch Hämmern, Quetschen oder Walzen auf das zu schweissende Eisen ausgeübt wird, ausgequetscht und hinterlässt metallisch reine Oberflächen, welche sich in demselben Augenblicke berühren, in welchem sie von Schlacke frei werden. Dadurch wird aus den vorher getrennten Eisentheilen ein einziges homogenes Stück, an welchem bei vollkommen gelungener Schweissung nachträglich von der Vereinigungsstelle durchaus nichts mehr zu erkennen ist, weder äusserlich, noch im Bruche, noch an angeschliffenen und angeätzten Schnittflächen. Es ist also die Adhäsion, mit welcher die Eisentheile vor Entfernung der Schlacke aneinanderhingen, durch Entfernung der Schlacke unter geeignetem Drucke in Cohäsion übergegangen.

Man hat mehrfach versucht, den Schweissprocess noch auf andere Weise zu erklären. Scheerer[1]) hat behauptet, dass wenn eine dünne Schicht Oxydoxydul zwischen zwei weissglühenden Eisenstücken liege, dieselbe leicht und schnell durch den Kohlenstoffgehalt der benachbarten Eisentheile reducirt werde. Es werde also an solchen Stellen, wo die Schweissstücke mit einer dünnen oxydirten Haut bedeckt gewesen seien, gewissermaassen Schmiedeisen an Schmiedeisen durch eine Schicht kohlenstofffreien Eisens festgelöthet. Diese Erklärung ist aus zwei Gründen nicht zulässig. Erstens müsste der Vorgang stattfinden können, wenn man versuchte, zwei ganz schlackenfreie Eisenstücke ohne nachträgliche Bildung einer flüssigen Schlacke zu schweissen. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr gelingt die Schweissung nicht, weil das Eisenoxydul für sich zu schwer schmelzbar ist und daher beim folgenden Drucke nicht herausgequetscht wird. Man muss deshalb immer zur Schlackenbildung Zuflucht nehmen und jedermann weiss, wie der einfache Schmied seinen Sandhaufen beim Ambos liegen hat, in den er die weissglühenden Eisenstäbe taucht, ehe er sie behufs des Schweissens aufeinanderlegt und hämmert. Zweitens ist die Oxydhaut viel zu stark, um sich durch den Kohlenstoff des Eisens reduciren zu lassen. Angenommen, es sollten zwei an sich sehr leicht schweissbare Eisenstücke von 0·1 Proc. Kohlenstoffgehalt geschweisst werden, welche bei 5 cm Breite 2 mm Stärke haben und 10 cm lang sind, also je 10 cbcm besitzen, so enthalten beide bei 7·5 specifischem Gewicht, oder einem absoluten Gewicht von $2 \times 75 =$

---

[1]) Lehrbuch der Metall. I, S. 553; confr. auch Abtheil. I, S. 8.

150 g 0·15 g Kohlenstoff. Dieser Kohlenstoff ist im Stande unter Kohlenoxydbildung 0·1125 g Sauerstoff aufzunehmen, welcher unter der Voraussetzung, dass der Glühspan aus Glühoxydoxydul $\left(\begin{matrix}Fe\\Fe_4\end{matrix}\right\}O_7\Big)$ bestehe, 0·337 g Eisen reducirt. Nun bildet sich aber unter gewöhnlichen Verhältnissen mindestens aus 4 bis 5 Proc. des Eisens Glühspan, d. h. es werden 6 bis 7·5 g Eisen oxydirt. Es genügte also der gesammte Kohlenstoff nicht im Entferntesten, um den gebildeten Hammerschlag zu reduciren, vielmehr höchstens für $\frac{1}{20}$ desselben, und man würde selbst dann keine Löthung mehr, sondern ein ganz entkohltes Eisen erhalten müssen.

Eine zweite Theorie des Schweissprocesses ist von Jordan aufgestellt worden [1]). Derselbe hält den Schweissprocess für eine dem Frieren des Wassers ähnliche Erscheinung. Dieses Phänomen besteht darin, dass, wenn zwei oder mehrere Eisstücke bei einer nicht unter oder noch besser über dem Schmelzpunkte liegenden Temperatur gegeneinander gepresst werden, das ihrer schmelzenden Oberfläche anhaftende Wasser an den Berührungsstellen erstarrt und auf diese Weise beide Stücke in eines zusammenfrieren. Jordan vergleicht das Formen von Schneebällen bei eintretendem Thauwetter mit dem Schweissen des Eisens im Puddelofen.

Man erkennt auf den ersten Blick, dass diese Erklärung in keiner Weise auf das Schweissen compacter Eisenstücke passt; denn hier ist nie eine oberhalb, sondern stets eine weit unterhalb des Schmelzpunktes gelegene Temperatur vorhanden. Selbst wenn der teigige Zustand als eine Art flüssigen Aggregatzustandes angesehen werden sollte, ist doch ein Unterschied in der Beschaffenheit der Masse der zu schweissenden Eisenstücke und des schweissenden Verbindungseisens nicht vorhanden und es fällt also jeder Anhalt zu dem Vergleiche fort.

Aber auch für den Schweissprocess der einzelnen im Puddelofen gebildeten Eisen- oder Stahlkrystalle passt die Erklärung durchaus nicht. Williams [2]) sagt hierüber ganz richtig Folgendes: „Die Bedingungen sind in beiden Fällen diametral entgegengesetzt. Denn das Zusammenschweissen sowohl des Eisens als auch des Platins geht bei einer bedeutend unter ihrem Schmelzpunkte liegenden Temperatur vor sich, während die erste Bedingung für das Cohäriren zweier Eisstücke durch Aneinanderfrieren darin besteht, dass sie einer über oder wenigstens nicht unter ihrem Schmelzpunkte liegenden Temperatur ausgesetzt werden müssen. Damit aber der Vorgang des Aneinanderfrierens dem des Aneinanderschweissens analog sei, müsste er bei einer weit unter dem Gefrierpunkte liegenden Temperatur stattfinden. Nun kommt aber bekannt-

[1]) Dingl. polytechn. Journ. Bd. 214, S. 163 aus Iron, Juli 1874, S. 34. — [2]) Loc. cit.

lich unter solchen Umständen das Zusammenfrieren nicht vor, und kann auch nicht vorkommen; deshalb unterscheidet es sich ganz wesentlich von dem Zusammenschweissen. Hätte man die Entdeckung gemacht, dass zwei oder mehrere in einem Ofen über den Schmelzpunkt erhitzte und im Schmelzen begriffene Eisenstücke cohäriren, wenn sie gegen einander gepresst werden, und dass diese Cohäsion Folge der trotz der Schmelzhitze des Ofens eintretenden Erstarrung ihrer flüssigen Oberflächen wäre, so könnte von einer Analogie mit dem Aneinanderfrieren schmelzenden Eises die Rede sein, und Jordan's Schlussfolgerung wäre gerechtfertigt. Regelation bedeutet das Wiederfestwerden einer Flüssigkeit oder das Auftreten einer besonderen Cohäsionskraft trotz des flüssigen Zustandes, Schweissen bedeutet das Auftreten einer besonderen Cohäsionskraft zwischen zwei Massen trotz ihres festen Zustandes."

Eine recht gute Bemerkung fügt Williams hinzu, indem er der durch Reibung an den Berührungsflächen erzeugten Wärme einen Einfluss einräumt: Wir dürfen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen, dass, während das Aneinanderpressen zweier Stücke feuchten Eises eine Erstarrung der nassen Oberfläche hervorbringt, das Aneinanderpressen zweier Stücke heissen Eisens den entgegengesetzten Erfolg hat, nämlich den einer momentanen Flüssigmachung und hieraus resultirenden Zusammenschweissung der Contactflächen. „Die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung — sagt er — wird durch die Thatsache erhöht, dass durch Druck Wärme entwickelt wird, und es kann daher die Schweisshitze an der Berührungsfläche momentan bis zum Schmelzpunkt sich steigern; nach Beseitigung des Druckes kann hierauf diese dünne flüssige Schicht erstarren und auf diese Weise die Cohäsion als Bedingung des Zusammenschweissens erzeugen. Aber selbst diese Theorie ist meiner Ansicht nach zu gelehrt. Es wird sich wohl eine weit einfachere Erklärung finden lassen, und wir dürfen nicht vergessen, dass, wenn zwei oder mehrere Hypothesen auf eine Reihe von Thatsachen gleich gut passen, die einfachste die beste und gewöhnlich auch die allein richtige ist."

„Um ein wirkliches Analogon zum Vorgang des Schweissens zu finden, brauchen wir nur an das Zusammenkleben zweier Stücke Schusterpech, Glaserkitt oder Thon zu denken. Diese Substanzen befinden sich in einem zähen, halbflüssigen Zustande und cohäriren in Folge einer der Mengung und Vereinigung zweier Flüssigkeiten ähnlichen Wirkung. Das Uebergangsstadium des Eisens und Platins aus dem festen in den flüssigen Zustand bildet bei der Temperatur der Schweisshitze ein sehr teigartiger Zustand. Andere Metalle sind nicht schweissbar, weil sie zu plötzlich aus dem festen in den flüssigen Zustand übergehen. Das in Folge des Latentwerdens der Wärme so langsam schmelzende Eis geht aus dem festen krystallinischen auf einmal in den tropfbarflüssigen Zustand über, ohne einen teigartigen Zwischenzustand zu passiren; deshalb ist es nicht schweissbar, oder cohärirt nicht wie Eisen bei einer unter seinem Schmelzpunkt liegenden Temperatur."

Ledebur[1]) bemerkt nicht mit Unrecht, dass weit bessere Analoga als Thon, Kitt, welche durch Aufnahme einer Flüssigkeit Adhäsionskraft und Plasticität annehmen, Körper bieten, welche zwischen dem festen und dem flüssigen Aggregatzustande einen langen teigigen Zustand durchlaufen, wie Wachs, Pech und dergleichen mehr, und kommt damit auf die oben angegebene längst von Percy, dem Verfasser und Anderen aufgestellte einfache Theorie wieder zurück.

Die Schweissbarkeit des schmiedbaren Eisens hört kaum ganz auf, aber sie nimmt mit der Zunahme an Kohlenstoffgehalt ab und erreicht schon bei 2 Proc. Kohlenstoff ein so geringes Maass, dass man einen solchen Stahl als unschweissbar zu bezeichnen pflegt. Dieser Mangel rührt allein von dem niedrigen Schmelzpunkt und dem kurzen teigigen Aggregatzustande her, Eigenschaften, welche es sehr schwierig machen, die eng begrenzte zum Schweissen erforderliche Temperatur festzuhalten. Uebrigens ist erfahrungsmässig die Schweisstemperatur des Stahls geringer als die des Schmiedeisens, ein Beweis, dass mit dem Schmelzpunkte auch die Temperatur sinkt, bei welcher der teigige Zustand eintritt.

Bei noch weiter steigendem Kohlenstoffgehalte hört endlich die Schweissbarkeit ganz auf, obwohl sich selbst beim weissen Roheisen noch Spuren davon finden. Das sogenannte Schweissen des Gusseisens, welches man namentlich zur Reparatur gebrochener Walzen anwendet, ist kein eigentlicher Schweissprocess. Hier wird durch lange fortgesetztes Aufgiessen flüssigen Roheisens auf die Bruchstelle letztere bis zur Schmelzung erwärmt und bildet mit dem erstarrenden Eisen dann eine zusammenhängende Masse. Hier fehlt also sowohl Druck als Herstellung einer oxydfreien Oberfläche. Es findet hier vielmehr derselbe Vorgang statt, wie beim Aufschmelzen von Glasperlen und ähnlichen Verzierungen auf ein fertiges erstarrtes Glas.

Im Folgenden werden zuvörderst die Apparate zum Erhitzen des zu schweissenden Eisens, die Schweissfeuer und Schweissöfen, sammt den Arbeiten an diesen Apparaten, sodann die Vorbereitung des Eisens durch Packetirung oder Garbenbildung beschrieben werden. Die letzte Arbeit, die Ausübung des Druckes durch Hämmern, Quetschen und Walzen, wird als gleichzeitig mit einer Formgebung verbunden erst im folgenden Kapitel behandelt.

Die Schweissfeuer und Schweissöfen.

Die Erhitzung des Eisens vor dem Schweissen geschieht theils in directer Berührung mit nicht flammenden Brennmaterialien, Holzkohle, Koks oder Steinkohle, unter Verbrennung durch Gebläseluft, theils in der

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeit. 1875, S. 45.

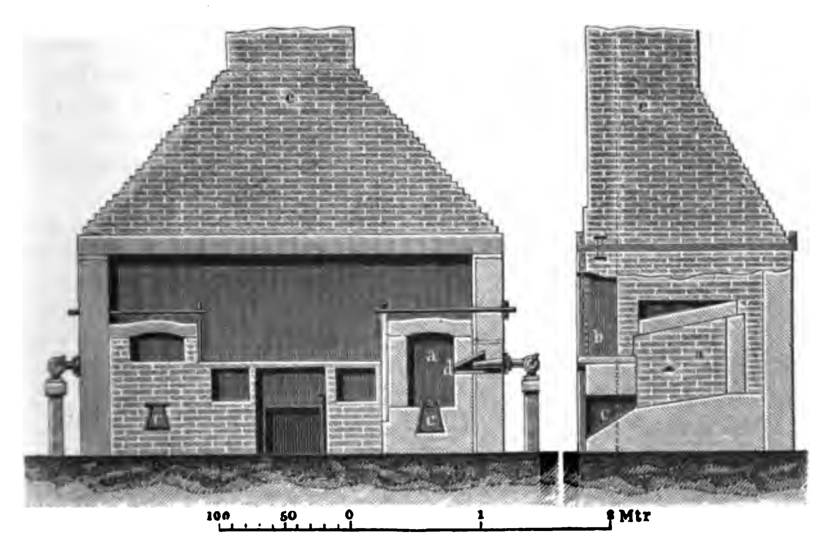
Flamme eines festen oder gasförmigen Brennmaterials unter Benutzung von Zugluft. Im ersteren Fall benutzt man grubenförmige Apparate, welche Schweissfeuer oder Schweissherde genannt werden, im letzteren Flammöfen, welche kurzweg Schweissöfen heissen. Im Allgemeinen kommen die Schweissöfen besonders dann zur Anwendung, wenn es nicht darauf ankommt, den Kohlungsgrad des Eisens genau festzuhalten, also für Schmiedeeisen, während die ersteren besonders zum Gärben des Stahls, aber auch überall zum Schweissen einzelner Stellen eines im Uebrigen fertigen Eisenstückes, z. B. der Verbindungsstelle eines aus einem gebogenen Stabe hergestellten Radreifens, der Verbindung von Speichen und Nabe und dergleichen mehr, dienen. Alle diese Apparate müssen eine möglichst schnelle Erhitzung zur Schweisstemperatur gestatten, um den Verlust durch Oxydation auf das geringste mögliche Maass zu beschränken.

Die Schweissfeuer.

Holzkohlenschweissherde. Bevor Eisenstücke, welche aus einem Herdfrischprocesse herrühren und meist in Form von Schirbeln [1]) durch Zerkleinerung des Deuls gewonnen sind, in Stabform ausgehämmert werden, müssen sie nochmals erhitzt werden, um sie auf eine Tem-



Fig. 201. Fig. 202.



Stahlschweissfeuer.

peratur zu bringen, bei welcher die noch eingeschlossene Schlacke flüssig wird. Dies geschieht bei der Dreimalschmelzerei [2]) in

[1]) Vergl. S. 595. — [2]) S. 58.

demselben Feuer, in welchem das Roheisen niedergeschmolzen wird, zwischen Holzkohlen. Bei der Zweimal- und Einmalschmelzerei [1]) wendet man dagegen ganz analog eingerichtete besondere Holzkohlenherde an. Für Stahl benutzt man kleinere Feuer und überwölbt häufig den Herd, so dass ein kastenartiger Schweissraum entsteht, aus welchem die Flamme durch die Einsetzöffnung entweicht, ohne dass Luft eindringen kann. Ein solches Schweissfeuer ist in Fig. 200 und 201 (a. v. S.) abgebildet. In den Schweissherd *a* mündet die Windform *d*. Das Gewölbe *f* schliesst den Raum nach oben ab, und lässt die Zugangsöffnung *e* frei, durch welche von der Arbeitsplatte *b* aus der Stahl eingeschoben wird. Die Schweissschlacke wird durch die Oeffnung *c* abgelassen [2]).

Fig. 203.

a

b

c

d

e

0 0,5 1 Mtr.

Koksschweissherde. Für das Schweissen bei Koks wendet man häufig den gewöhnlichen Schmiedfeuern ganz gleiche Herde an. Eine besondere Art bilden indessen die Hohlfeuer (*Hollow fires*), welche bei der Darstellung der zu verzinnenden Eisenbleche in Südwales zuerst Anwendung gefunden zu haben scheinen.

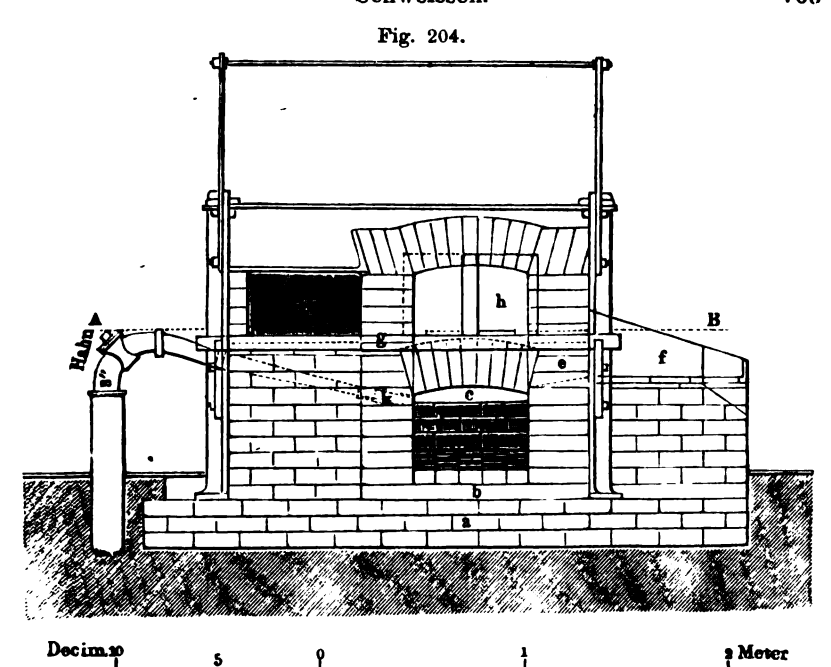
Der durch den Seite 73 beschriebenen Herdfrischprocess erzielte Deul wird bei der Zängearbeit (Seite 395) zuvörderst in einen flachen Kuchen *a* (Fig. 203) von 4·5 bis 6 cm Stärke ausgehämmert, welcher dann durch ein Setzeisen *b* an 7 bis 8 Stellen eingehauen wird, wie Fig. *d* zeigt. Der Kuchen wird in Wasser abgelöscht, dann auf einen mit vorspringenden Rippen versehenen Ambos gelegt, wie Fig. *c* darstellt, und vermittelst eines Keilhammers *e* in entsprechende Stücke (Schirbeln, stamps) zerschlagen.

Diese Schirbeln, deren jeder circa 13 Kg wiegt, werden nun in den Hohlfeuern, welche in den Figuren 203 bis 205 nach Percy [3]) abgebildet sind, auf Schweisshitze gebracht. Der Herd erhebt sich auf einem Sockel *a*, auf dem die geneigten und von einer Schicht feuerfester Steine bedeckten Herdplatten *b* (Fig. 204 und 206) liegen, darüber erheben sich die oft durch eine niedrige Scheidewand *d* getrennten Herde, welche von aussen durch überwölbte Oeffnungen *e* zugänglich sind, um Rückstände von Schlacke, unverbrannten Koks u. s. w. ausräumen zu können. Diese Oeffnungen werden während des Betriebs verloren zugemauert. Die Koks werden durch das Feuerloch *e* aufgegeben. Die Platte *f* dient zur Ansammlung von Koks. Die zu schweissenden Eisenstücke werden von der Seite durch die Thüren *h* eingeführt und ruhen auf den Vorplatten *g* auf. Ehe sie indessen in den eigentlichen Schweissherd kommen, werden sie in den Räumen *i*, welche durch die Füchse *l* mit den ersteren in Verbindung stehen, vorgewärmt. Die Formen *k* führen den Verbrennungswind zu.

---

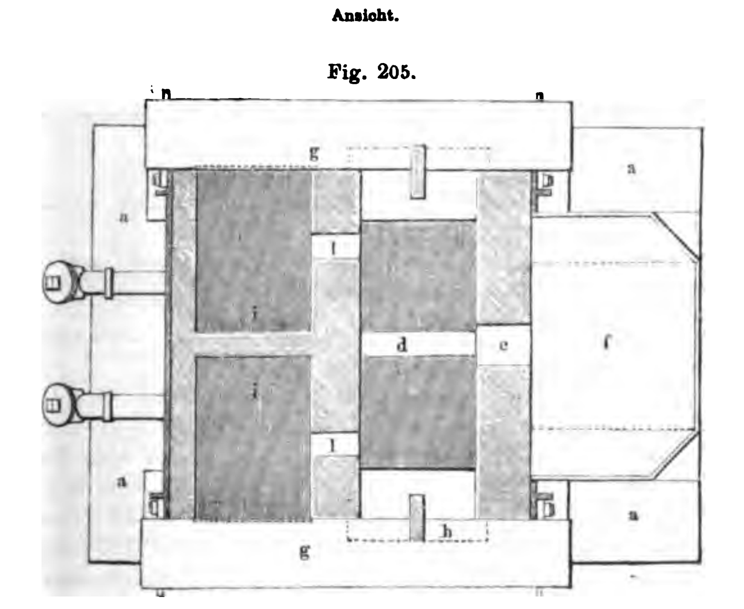
[1]) S. 12 u. 84. — [2]) Kerl, Metallurgie, Bd. III, Taf. VII. — [3]) Iron p. 587.

Fig. 204.



Ansicht.

Fig. 205.



Grundriss nach *A B* Fig. 204 u. 206.

Englisches Hohlfeuer.

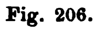
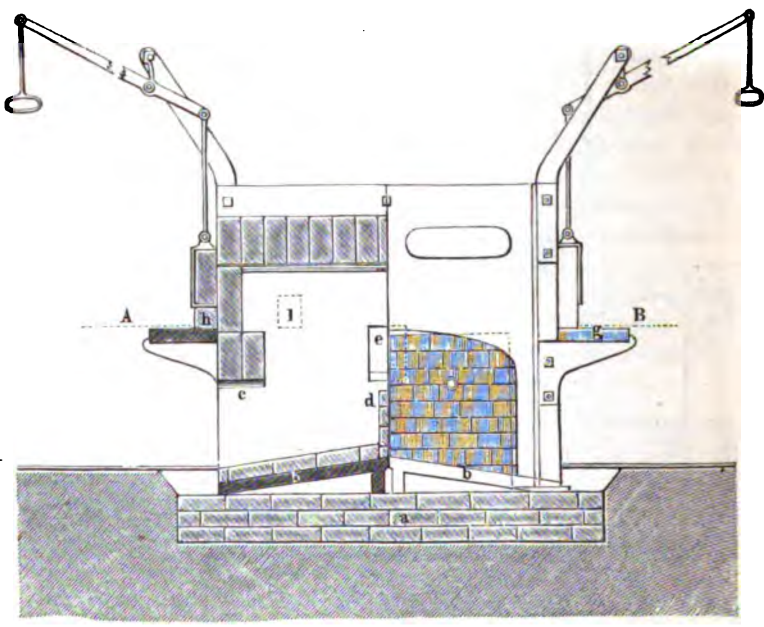


Fig. 206.



Verticalschnitt und Seitenansicht.

Die Behandlung der Schirbeln in diesen Feuern ist folgende: Dieselben werden auf eine schaufelartig ausgeschmiedete, ca 1·20 m lange Eisenstange derselben Qualität gelegt, und zwar in Mengen von je

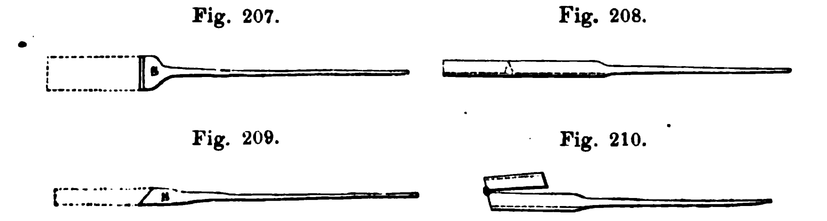


Fig. 207. Fig. 208.

Fig. 209. Fig. 210.

ca. 40 Kg, in Schweisshitze gebracht und in flache Stäbe von 16 cm Breite und 7 bis 8 cm Stärke ausgehämmert, so dass nur das Schaufelstück S (Fig. 207 und 209) übrig bleibt, welches nachher wieder unter Zuhülfenahme eines Stücks Stab schaufelartig für den folgenden Schweissprocess ausgeschmiedet wird. Das geschweisste Stück wird in der Mitte eingehauen und umgebogen (doubled), wie Fig. 208 und 210 zeigen [1]). Es folgt nun eine zweite Schweissung und wiederhohltes Aushämmern.

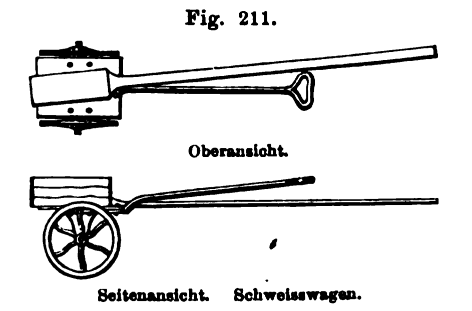
---

[1]) Ebenezer Rogers, on the Manufacture of Tin Plates p. 16. Proceedings of the South Wales Institute of Engineers, Jan. 1857.

Dann wird der Schweissblock auf einem zweirädrigen Wagen zum Walzwerk geführt (Fig. 210), vom Stabe abgeschnitten und ausgewalzt.

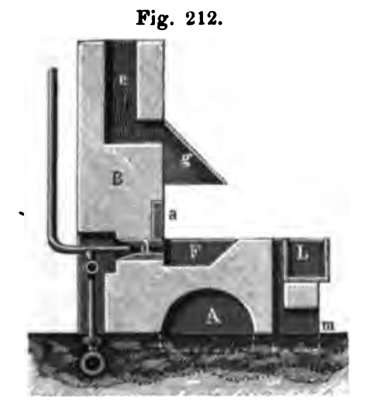
Steinkohlenfeuer. Für alle Eisenarten, welche nicht eine ganz besondere Qualität haben sollen, ist Holzkohle und Koks zu theures Brennmaterial. Man wendet dann Steinkohle an. Die Schweissfeuer weichen nicht von den gewöhnlichen Schmiedefeuern ab. Sie bestehen aus einer gemauerten oder mit eisernen Platten ausgesetzten Grube, lehnen sich an eine Gebäudewand und erhalten den Wind von der Rückseite durch eine Form, welche in der Mauer liegt. Die Verbrennungsgase gehen in einen Rauchmantel, der mit der Esse in Verbindung steht. Ein Wasserkasten an der Vorderseite dient zur Kühlung. Der Schweisssand liegt vor dem Herde auf der Hüttensohle angehäuft. Ein solches Feuer ist in der Figur 212 abgebildet. Der Herdraum F befindet sich in einem unterwölbten Mauerklotz A und lehnt sich an die Hüttenwand B, in der sich die Esse e befindet. Die Form d ist durch den Hinterzacken a geführt. L ist ein Wasserkasten [1]). Für grössere Stücke empfiehlt sich ein freistehendes Schweissfeuer, wie es in den Figuren 213 und 214 (a. f. S.) in $^1/_{20}$ nat. Grösse nach einer Construction von Rotter [2]) dargestellt ist. Das Feuerbecken a hat eine vierseitig pyramidale Form und wird von einem aus 6 Füssen versehenen Rahmen b getragen. Die Windzuführung erfolgt vom Boden aus central durch die mit einem oder zwei Schlitzen versehene Düse c. Kohlenkasten d ist rückwärts, Löschtrog e an der Vorderseite angebracht. Bei f befindet sich ein Regulirungsschieber für den Windstrom. Solchen Feuern kann man

Fig. 211.



Schweisswagen.

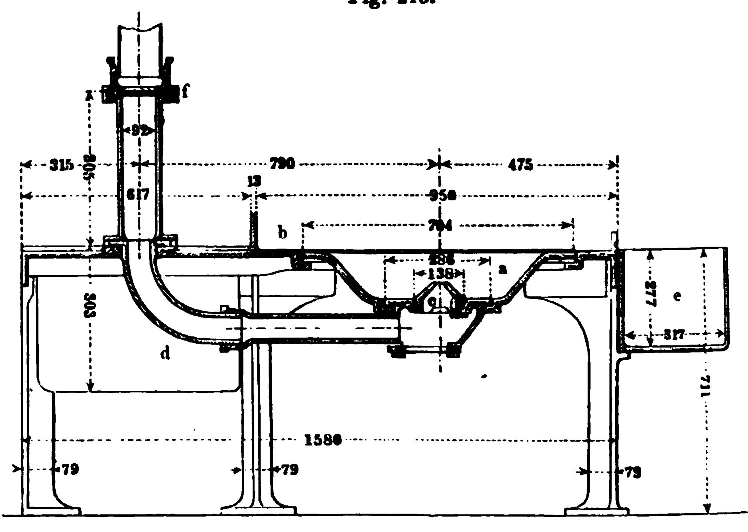
Fig. 212.



Steinkohlenschweissfeuer.

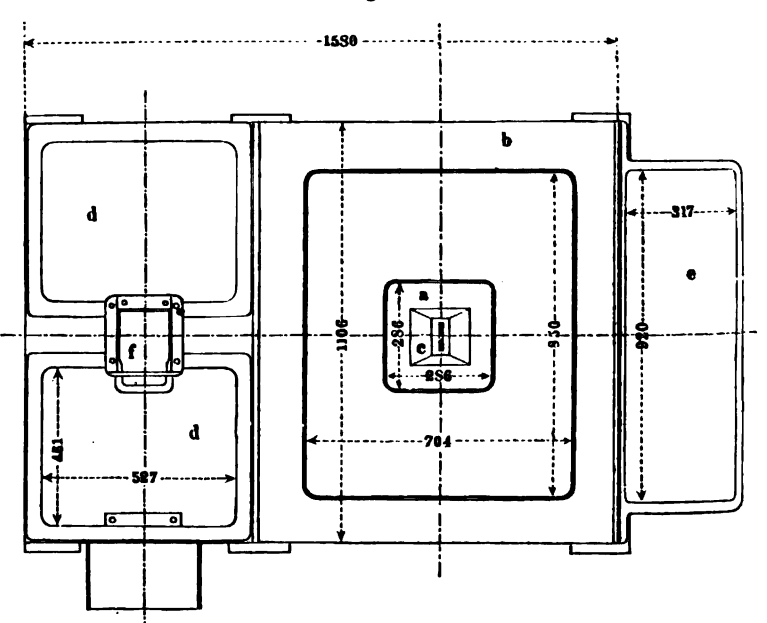
[1]) Vergl. Hoger, Lehrbuch der Technologie I, S. 136. — [2]) Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873, Heft VIII, S. 67 (Berichterstatter Hartig).

Fig. 213.



Verticalschnitt.

Fig. 214.



Obere Ansicht.

Freistehendes Schweissfeuer.

leicht eine Form geben, welche dem zu schweissenden Eisenstück angepasst ist, z. B. für Räder eine Kreis-, für Radreifen eine Ringform und dergleichen mehr.

Die Bewartung eines Steinkohlenfeuers erfordert einige besondere Kunstgriffe. Zwar kann man es ohne diese mit anthracitischen oder mageren Steinkohlen betreiben, aber besser sind immer backende Steinkohlen. Diese werden so aufgeschüttet, dass sie bei der Erhitzung eine feste Haube bilden, welche zwischen sich und den auf dem Boden befindlichen herabgehenden Stücken, die bereits verkokt sind, einen freien Raum lässt, in dem die Erhitzung des Eisens stattfindet. Die Haube wird von aussen durch Wasser, welches aus dem Löschtrog *e* entnommen und mittelst eines Besens (Löschwedels) übergespritzt wird, kalt erhalten, brennt daher nur von innen ab und wird entsprechend durch frische Kohlen von oben wieder verstärkt. Auf diese Weise wird ein solches Feuer zu einem Koksfeuer umgestaltet und gestattet das Eisen ohne directe Berührung mit der Steinkohle zu erhitzen. Da wo das zu schweissende Eisen eingeführt wird, muss die Haube durchstochen werden; die Ränder der gebildeten Oeffnung werden aber wieder mit Kohlenklein zugeschüttet. Soll ein solches Feuer in Betrieb gesetzt werden, so füllt man es zuvörderst ganz mit Koks oder einem nicht backenden Gemenge von Koks und Steinkohle, bedeckt es mit backender Kohle und brennt allmälig die Koks im Innern fort, wobei sich ohne Schwierigkeit die Haube bildet.

Die Schweissöfen.

Die Schweissöfen bestehen, wie alle Flammöfen, aus drei Haupttheilen, nämlich der Feuerung, dem Herde und der Esse. Die Feuerung kann, wenn ein gasförmiges Brennmaterial verwerthet wird, ganz getrennt angelegt sein und gleichzeitig viele Apparate bedienen, ist aber sonst stets und auch öfters bei Benutzung von Gasen direct mit dem Ofenkörper verbunden. Die Flamme schlägt durch das Flammenloch in den zweiten Haupttheil, den Herdraum, welcher durch das meist geneigte Gewölbe nach oben, durch die Herdsohle nach unten und durch die von den Arbeitsthüren durchbrochenen Vorder- und Rückwände nach den Seiten begrenzt ist. Gegen die Feuerung schliesst den Herd eine Feuerbrücke ab. Der Herd besteht immer aus Sand, welcher das nöthige Kieselsäurematerial zur Schlackenbildung hergiebt. Derselbe ruht zwar oft auf eisernen Platten, liegt aber häufig auch auf Mauerwerk, um eine Abkühlung möglichst zu vermeiden. Aus demselben Grunde fehlt auch vielfach jede Kühlung der Feuerbrücke. Mit der Esse ist der Herdraum durch den abwärts gehenden Fuchskanal verbunden, welcher, abweichend von den Puddelöfen, der Regel nach nicht durch eine Brücke vom Herde getrennt ist. Die Esse ist mit einem Temper (Regulirungsklappe) versehen.

Die Figuren 215 bis 225 zeigen die Einrichtung eines einfachen Schweissofens nach Zeichnungen, welche von Percy [1]) mitgetheilt und von Arkinstall dem Betriebsführer der Bromford-Eisenhütte ausgeführt worden sind.

Der Feuerraum ist durch einen Planrost in zwei Theile getheilt,

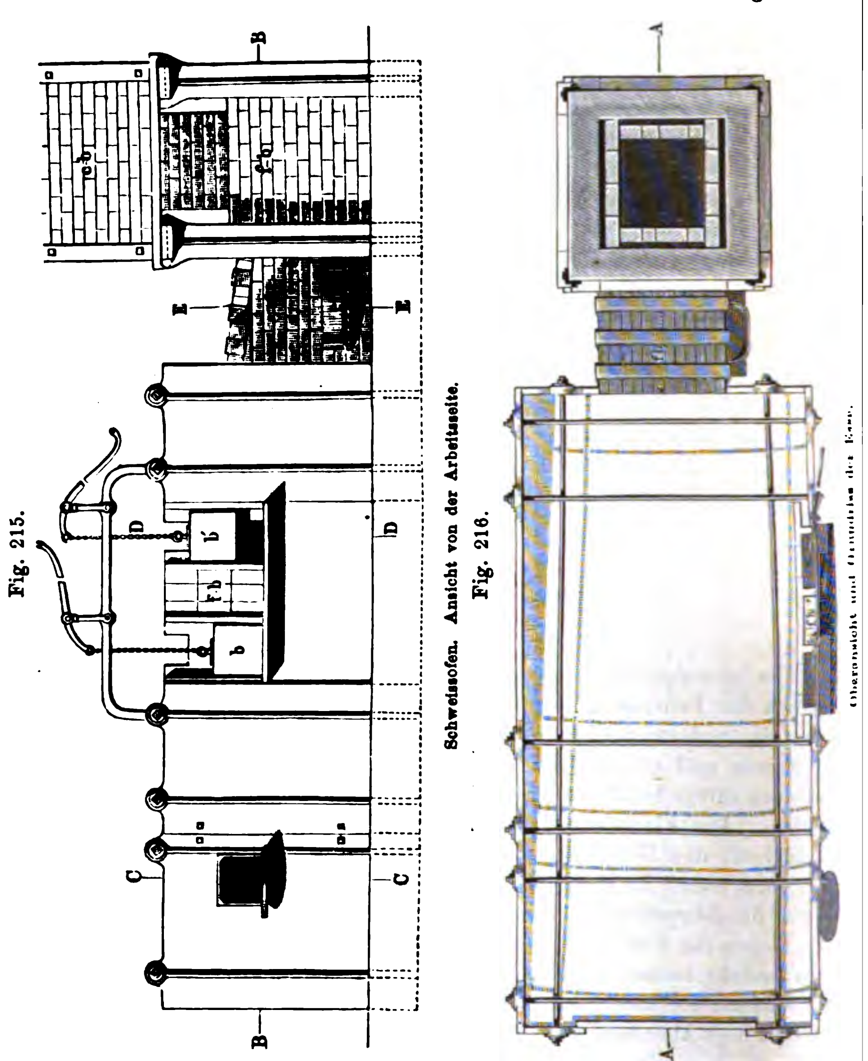


Fig. 215.

Schweissofen. Ansicht von der Arbeitsseite. Fig. 216.

deren unterer als Aschenfall dient, und erhält seine Speisung durch das Schürloch *a* (*Fire-* oder *stoke-hole*, Fig. 220). Der mit Sandboden

[1]) Iron. p. 713.

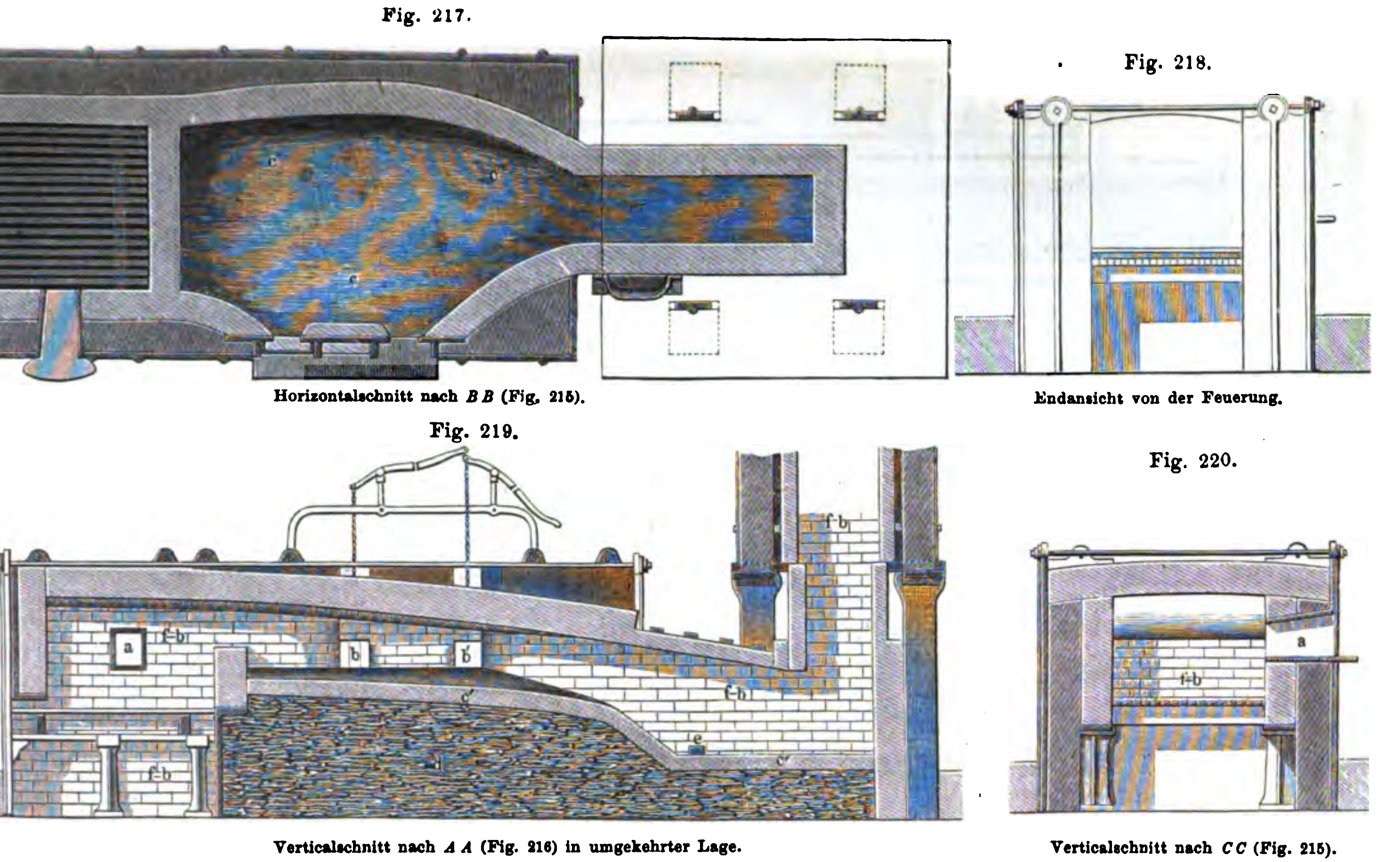


Fig. 217.

Horizontalschnitt nach *BB* (Fig. 215).

Fig. 218.

Endansicht von der Feuerung.

Fig. 219.

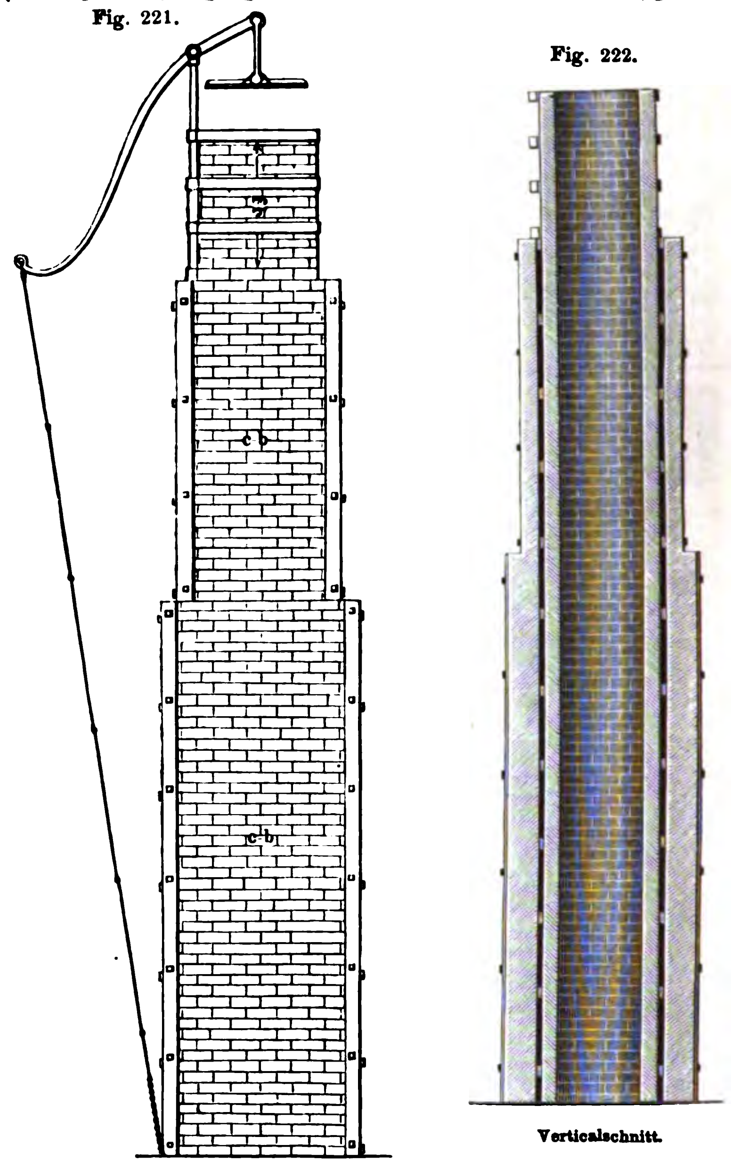
Verticalschnitt nach *AA* (Fig. 216) in umgekehrter Lage.

Fig. 220.

Verticalschnitt nach *CC* (Fig. 215).

(*Sand bottom*) $c\ c'$ versehene Herd ist durch zwei Arbeitsthüren $b\ b'$ (*working doors*) zugänglich und ruht auf einer Aufschüttung d aus Bruch-

Fig. 221. Fig. 222.



Ansicht. Schweissofenesse. Verticalschnitt.

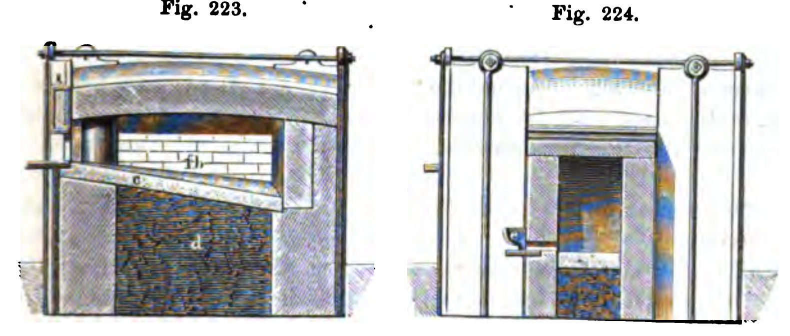
stücken von feuerfesten Ziegeln u. s. w. Die Schlacke fliesst in dem geneigten Fuchse abwärts, und gelangt durch die Oeffnung e (*cinder-hole*)

auf die Hüttensohle, wo sie sich in einer Grube ansammelt. In den sämmtlichen Zeichnungen bezeichnet die Bezeichnung *f-b* (*fire-brick*) das innere aus feuerfesten Steinen hergestellte Kernmauerwerk, *c-b* (*common brick*) das äussere aus gewöhnlichen Ziegeln erbaute Rauhgemäuer.

Der Herd.

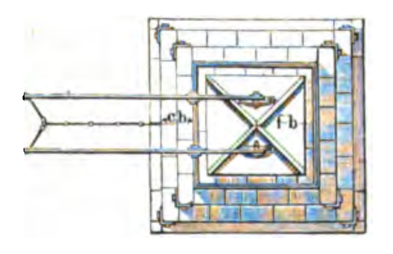
Horizontalquerschnitt. Der Horizontalquerschnitt des Herdes richtet sich in erster Linie nach Grösse und Menge der darin zu erhitzen-

Fig. 223. Fig. 224.



nach *D D* Verticalschnitt (Fig. 216). nach *E E*

Fig. 225.



Oberansicht der Esse mit Temper.

Decimet. 10 5 0 1 2 3 4 5 Meter

Maassstab für die Figuren 215 bis 225.

den Eisenstücke oder Packete. Seine Breite von der Arbeitsseite bis zur Rückwand entspricht der Länge der einzelnen Eisenstücke oder Packete, seine Länge der Summe der Breiten, einschliesslich der zum Anpacken durch die Zange nöthigen Zwischenräume. In letzterer Beziehung ist ausserdem die Art der Arbeit von Einfluss, welche entweder fortlaufend oder unterbrochen geführt wird. Im ersteren Falle rücken während der Erhitzung die Eisenstücke oder Packete allmälig von den kühleren

Theilen des Fuchses zu den heissesten an der Feuerbrücke, von wo sie entfernt werden, um zu dem Hammer oder den Walzen zu gelangen, während jedes herausgenommene Stück durch ein frisches am Fuchse ergänzt wird. Hier muss also der Herd eine solche Länge haben, dass mit dem Durchlaufen desselben die Erhitzung vollendet ist. Bei der unterbrochenen Arbeit dagegen wird der ganze Herd gleichzeitig besetzt und nach der Erhitzung werden die sämmtlichen Eisenstücke oder Packete verarbeitet, ehe ein neuer Einsatz erfolgt. Hier ist also die Länge des Herdes an sich gleichgültig und nur von einer zweckmässigen Vertheilung der Hammer- und Walzarbeit abhängig.

Der Regel nach hat die Vorderseite des Ofens zwei Arbeitsthüren, deren Grösse dem Querschnitt der Eisenstücke oder Packete entsprechen muss. Seltener sind Doppelöfen, welche zwei gegenüberliegende Arbeitsseiten besitzen. Ausnahmsweise liegt der Herd zwischen zwei Feuerungen, während die abgehende Flamme durch Oeffnungen in der Sohle oder im Gewölbe entweicht.

Verticalschnitt. Der Herd ist mehr oder weniger horizontal. Er besitzt nur eine geringe Neigung nach der Breite und Länge, um überflüssiger Schweissschlacke einen leichten Abfluss zu gestatten. Der Regel nach geht die Neigung einerseits nach der Rückwand, andererseits nach dem Fuchse zu, wie dies aus den Figuren 218 und 223 ersichtlich ist.

Das Gewölbe zieht sich entweder ganz horizontal oder etwas zum Fuchse geneigt darüber hin.

Absolute Grösse des Herdes. Mittlere Dimensionen, wie beim Puddelofen, kann man für Schweissöfen nicht angeben, da dieselben für die einzelnen Zwecke in Länge, Breite und Tiefe sehr von einander abweichen.

Es wird daher im folgenden Abschnitt bei den einzelnen Fabrikationszweigen das Erforderliche mitgetheilt werden.

Für Handelseisen, d. h. die gewöhnlichen Formen des Stabeisens, pflegt der Herd ungefähr 1 bis 1·9 m. lang und 1 bis 1·5 m. breit zu sein, während das Gewölbe im Scheitel 50 bis 60 cm darüber liegt.

Der Sandherd. Der Herd, welcher etwa 20 cm Dicke erhält, besteht aus Sand. Dieser Sand muss unschmelzbar, frei von Kalk, Alkalien, Schwefelkies und organischen Beimengungen sein, und ein feines Korn besitzen. Eine geringe Frittung bei sehr hoher Temperatur ist erwünscht, da sie zur Haltbarkeit des Herdes beiträgt. Solcher Sand ist meistentheils leicht zu beschaffen, sei es, dass er als lockerer Diluvial- oder Alluvialsand vorkommt, oder dass er durch Pochen von Sandstein erhalten werden muss. Ein Waschen mit Wasser vor der Verwendung ist meist erforderlich, um ein gleichmässiges Korn zu erlangen und leichtere organische Substanzen zu entfernen. Seltener geht ein Waschen

mittelst verdünnter Salzsäure der Verwendung voraus, um die löslichen Bestandtheile zu entfernen.

Die Reparatur des Herdes erfolgt, so oft derselbe von Schlacke vollgesogen ist, durch Losbrechen der obersten Kruste und Ergänzung durch frischen Sand, der fest aufgeschlagen und an der Oberfläche gefrittet wird.

Die Feuerung.

Die Anlage einer guten Feuerung ist für Schweissöfen weit leichter, als für Puddelöfen, weil es bei jenen nicht darauf ankommt wechselnde, sondern nur gleichbleibende, wenn auch möglichst hohe Temperaturen zu erzielen. Die einzige Schwierigkeit bietet sich hier nur in den Fällen, wo es wesentlich ist, einen bestimmten hohen Kohlenstoffgehalt zu bewahren, d. h. also z. B. Feinkorn oder Stahl zu schweissen. In diesem Falle muss eine Oxydation vermieden werden, daher die Flamme reducirend gehalten werden. Dies ist einfacher bei Gasfeuerungen durchzuführen, bei denen durch Ueberschuss des Gases gegen die Verbrennungsluft das Ziel ziemlich vollständig erreicht werden kann, als bei directer Feuerung, bei der nur durch unvollkommene Verbrennung unter starker Rauchentwickelung das gewünschte Resultat und dann selbst nur unvollkommen zu erlangen ist.

Hinsichtlich der Anlage im Allgemeinen kann auf die für die Puddelöfen angegebenen Einrichtungen (S. 147 u. f.) verwiesen werden.

Man ist mit Recht bemüht gewesen, an die Stelle der einfachen directen Feuerung, welche eine unvollkommene Ausnutzung der Wärme und ungleiche Temperaturen ergiebt, eine solche zu setzen, welche bei besserer Ausnutzung eine ganz gleichförmige Erhitzung gestattet und dann stets auf die Vergasung des Brennmaterials gegründet ist.

Es sind aber hier zwei Wege eingeschlagen worden, welche gegenwärtig noch im Kampfe miteinander um den Sieg streiten und unter denen bei der Mangelhaftigkeit unserer Mittel die wirklich benutzten Wärmemengen zu messen und mit den theoretisch erzeugten zu vergleichen sich gegenwärtig noch keine Entscheidung treffen lässt.

Der erste Weg führt auf die Benutzung der Abhitze des Ofens in Regeneratoren, welche sich nicht von den bei den Puddelöfen (S. 178) beschriebenen unterscheiden, und den Zweck haben, entweder Heizgas und Verbrennungsluft oder eines von beiden vorzuwärmen, wobei eine anderweite Verwerthung der Abhitze, also namentlich zur Dampferzeugung ganz oder grösstentheils ausgeschlossen ist.

Der andere Weg führt auf Vorverbrennungskammern, welche gleichzeitig als Wärmespeicher dienen. In diesem Falle wird das in besonderen Generatoren oder in einer mit dem Ofen direct verbundenen Feuerung erzeugte Gas in einem Raume verbrannt, dessen Wandungen eine grosse Menge Wärme aufzunehmen im Stande sind. Bis diese

Wärmemenge wirklich aufgenommen ist, wird daher vergeblich gefeuert, nachher aber dient diese Wärme als Regulator; sinkt die Verbrennungstemperatur, so wird Wärme abgegeben, steigt sie, so wird die Differenz wieder ausgeglichen. Bei dieser Art der Feuerung kann die Abhitze des Ofens weiter zur Dampferzeugung oder auch noch zur Vorwärmung der Verbrennungsluft verwendet werden. Oft pflegt man noch die die Wärme aufspeichernden Wandungen mit Kanälen zu versehen und die Verbrennungsluft darin zu erwärmen, jedoch führt dies leicht zu einer Beeinträchtigung des ursprünglichen Zwecks.

Man sieht wohl, dass hinsichtlich der Temperatur beide Arten von Feuerungen das Gleiche leisten müssen; denn ein bestimmtes Brennmaterial giebt bei seiner vollkommenen Verbrennung eine ganz bestimmte Wärmemenge, welche sich unter der Voraussetzung fehlender Verluste durch Strahlung und Leitung in einer ebenfalls ganz bestimmten Temperatur der Verbrennungsproducte ausdrücken muss. Bei einer Regeneratorfeuerung wird der Wechsel in den Temperaturen, welcher bei den praktischen Unvollkommenheiten der Verbrennungsapparate unausbleiblich ist, von der nach der Benutzung aus den abgehenden Gasen aufgespeicherten Wärme ausgeglichen, bei der Vorverbrennungskammer dagegen durch die vor der Benutzung aufgespeicherte Wärme.

Vielleicht macht ein Vergleich mit der Dampfmaschine den Unterschied, der häufig ganz verkannt wird, klar. Die Vorverbrennungskammern sind dem Schwungregulator zu vergleichen, welcher die Drosselklappe in der Dampfzuleitung regulirt, die Regeneratoren dem Schwungrade, welches die ungleichförmig vertheilte Kraft ausgleicht.

Die Regeneratorfeuerungen sind bei den Puddelöfen hinreichend erläutert. Feuerungen mit grossen Verbrennungsräumen, wie der Boëtius'sche Generator für Braunkohlen und der Müller'sche Heizpult, welche Seite 165 beschrieben sind, bilden einen Uebergang. Aehnliches gilt auch von der Feuerungseinrichtung Stanley's [1]), welcher einen grossen überwölbten und durch eine dachförmige Zwischenwand getrennten Doppelrost anwendet, zu welchem die Verbrennungsluft durch zahlreiche Schlitze von allen Seiten zugeführt wird.

Hierhin gehört endlich auch die Bicheroux'sche Feuerung [2]), welche aus einem sehr grossen 2·5 m breiten, 2 m langen, mit viertheiligem Roste versehenen Generator besteht, der seine Gase zuvörderst in einen langen, sich allmälig auf 0·55 m verengenden Kanal abgiebt, aus dem sie durch einen verticalen Kanal, in welchem die Verbrennung stattfindet, in den Ofen gelangen, wie die Figuren 226 und 227 zeigen [3]).

Eine weniger richtige, aber auch hierhin gehörige Anordnung ist die der Ponsard'schen sogenannten beständig wirkenden Regeneratoren,

---

[1]) Mechan. Magazine, Oct. 1872, S. 329 und Kerpely, Fortschritte VIII bis X, S. 442. — [2]) Berg- und Hüttenm. Zeit. 1874, S. 434. — [3]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1874, Taf. II.

welche auch Sellers bei seinen in den Figuren 112 bis 114 (Seite 308 bis 310) abgebildeten rotirenden Puddelöfen benutzt hat.

Hier wird die Abhitze lediglich zur Erwärmung der Verbrennungsluft benutzt, wie die Figuren 228 und 229 (a. f. S.) zeigen.

Die Gase der Feuerung, welche einen ziemlich grossen Raum, der daher allerdings als Wärmespeicher dient, durchziehen, treten an der Feuerbrücke mit Luft zusammen, welche durch die Abhitzgase, denen sie durch zahlreiche Kanäle entgegenströmt, erwärmt ist. Die Luft geht

Fig. 226.

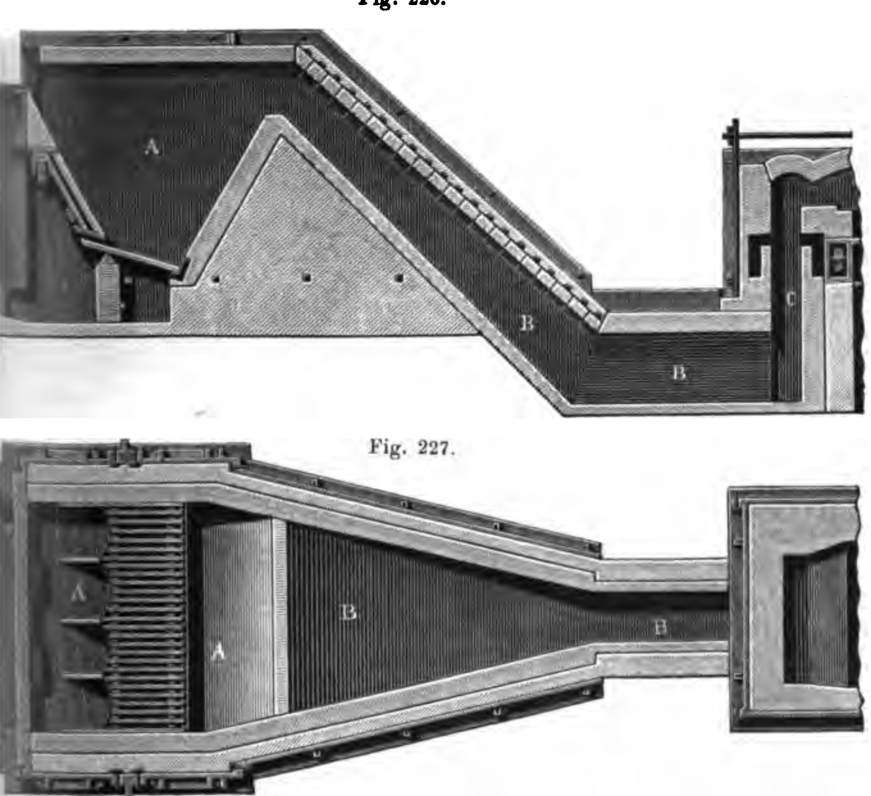
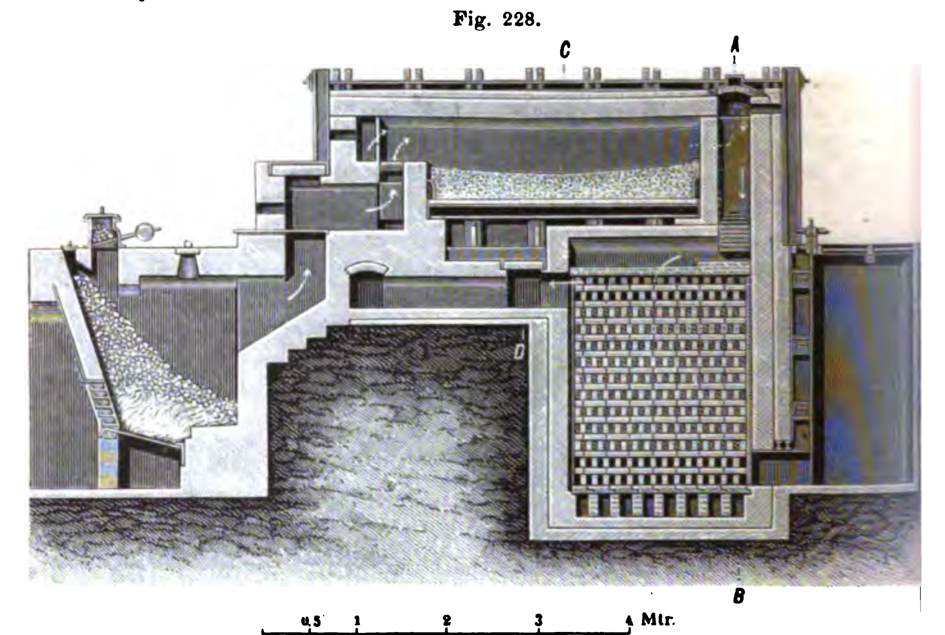


Fig. 227.

durch die Kanäle *B*, die die Abhitze tragenden Gase durch die Kanäle *A*. Diese Einrichtung hat zwei Mängel: Erstens ist es schwer die beiden Kanalsysteme so gegen einander abzudichten, dass nicht Luft in die Feuerkanäle gelangen könnte, in denen sie dann ungenutzt und mit einem mehr oder minder grossen Theil der aufgenommenen Wärme beladen zur Esse strömt. Zweitens wird die Regulirung der Wärme durch einen heissen Luftstrom allein nicht hinreichend bewirkt, denn mit der Abnahme der Temperatur der Heizgase sinkt auch die der Abhitzgase

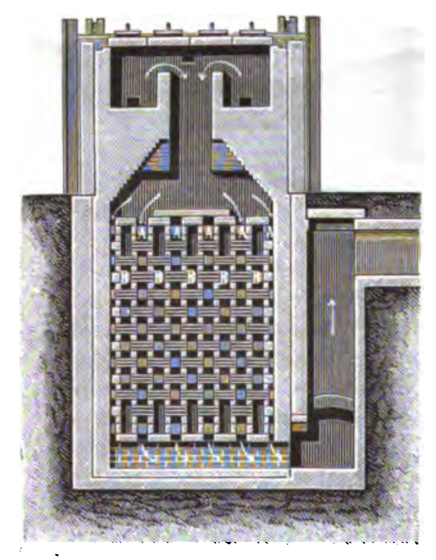
und damit die der Verbrennungsluft. Die Ungleichmässigkeiten in der Temperatur werden also eher erhöht als vermindert.

Fig. 228.



Vollkommen lässt sich der Zweck nur erreichen, wenn eigene Kammern construirt werden, welche mit starken Wänden aus feuerfesten Steinen oder auch ausserdem mit Zwischenwänden aus demselben Material versehen sind, und in welchen durch Zusammenleitung der Gas- und Luftströme die Verbrennung vor sich geht, während nur die verbrannten Gase als heisser Strom in den Ofen treten. Der Raum kann zwar ringsum mit Kanälen versehen sein, in welchen die Verbrennungsluft circulirt, jedoch dürfen diese nur den Zweck haben, die sonst durch Strahlung nach aussen ganz verloren gehende Wärme aufzunehmen, nicht etwa die Wärmecapacität der Wandungen zu verringern.

Fig. 229.



Diese Feuerungsart würde weit

mehr Verbreitung finden können, wenn sich nicht die Schwierigkeit entgegenstellte, ein hinreichend feuerfestes Material zu finden. Die Benutzung der Quarzsteine (Dinasziegeln) ist hier am rechten Orte.

Unterwind.

Die Wirkung des Unterwindes ist Seite 172 erläutert. Seine Anwendung empfiehlt sich bei Schweissöfen mit directer Feuerung durchaus, da absichtliche Temperaturschwankungen hier gar nicht vorzukommen brauchen. Die zweckmässigste Einleitung des Unterwindes geschieht wie bei den Puddelöfen durch den gleichzeitig als Windleitung dienenden Aschenkanal.

Der Winddruck, mit welchem man arbeitet, ist sehr verschieden und schwankt zwischen 10 bis 60 mm Wassersäule unter dem Roste. Im allgemeinen ist man allmälig von sehr niedrigen auf höhere Pressungen gestiegen und hat bei sonst guten Einrichtungen, namentlich dichter Windleitung, so lange einen um so günstigeren Erfolg gehabt, bis die Pressung so hoch steigt, dass die Verbrennungsgase aus den Arbeitsthüren gedrückt werden und die Arbeiter belästigen. 40 mm scheint gegenwärtig der gebräuchlichste Druck zu sein.

Beispiele. Zu Herminenhütte[1]) liefert ein Ventilator von 2·5 m Durchmesser bei 500 Umdrehungen den Unterwind für 10 Puddelöfen und 5 Schweissöfen.

Krieger[2]) giebt an, dass ein Rittinger'scher Ventilator von 2·5 m Durchmesser und 0·5 m Flügelbreite bei 600 Umdrehungen 5 Oefen mit reichlichem Winde versieht, aber auch 10 versorgen könne.

Auf dem vormals Dupont & Dreyfuss'schen Werke in Lothringen an der Mosel werden 14 Schweissöfen von 4 Ventilatoren mit 0·875 m Durchmesser und 0·540 m Flügelbreite bei 1000 bis 1400 Umdrehungen pro Minute betrieben.

Benutzung der Abhitze.

Den im Vorhergehenden, sowie bei den Puddelöfen (S. 176 u. f.) mitgetheilten Angaben ist hier nur noch hinzuzufügen, dass eine Dampferzeugung bei Schweissöfen durchaus empfehlenswerth erscheint, weil man es hier stets mit einem sich gleich bleibenden Zugverhältnisse zu thun hat.

Resultate über die Verdampfungsfähigkeit von Kesseln, welche durch Schweissöfen geheizt werden, finden sich Seite 200 u. f. mit denen der Puddelöfen vereinigt aufgeführt. Feuerungsdimensionen solcher Oefen in der Tabelle Seite 718 u. 719 [3]).

---

[1]) Seite 173. — [2]) Kerpely, Fortschritte Bd. VIII bis X, S. 263 nach Zeitschr. deutsch. Ingenieure Bd. XIV, S. 726. — [3]) Zeitschr. deutsch. Ingenieure 1872, Bd. XVI, S. 671.

	Für Eisenbahnschienen		
	mit	ohne	
	Unterwind		
Durchschnittlicher Einsatz in Kilogramm	2450	1800	14[illegible]
Durchschnittliche Anzahl Chargen pro 12 Stunden	4½	5	
Rostbreite . . . Meter	1·255	1·175	1·17[illegible]
Rosttiefe im Lichten . . . „	1·0	1·045	1·0[illegible]
Vom Rost bis Oberkante Feuerbrücke . . . „	0·730	0·340	0·5[illegible]
Feuerbrückenbreite . . . „	0·470	0·235	0·[illegible]
Von Feuerbrückenmitte bis unter das Gewölbe . . . „	0·730	0·365	0·[illegible]
Von Feuerbrückenoberkante bis auf den fertigen Herd . „	0·400	0·105	0·[illegible]
Vom Herd bis unter Gewölbe in Ofenmitte . . . „	0·840	0·680	0·4[illegible]
Lichte Herdfläche von Feuerbrücke bis Fuchsöffnung . . „	3·139	2·350	2·[illegible]
Lichte Herdbreite von Rückwand bis vordere Thüröffnung „	1·837	1·570	1·7[illegible]
Gefälle der Herdsohle von Feuerbrücke bis Fuchsöffnung „	0·160	0·235	0·[illegible]
Fuchsöffnung: Breite im Lichten . . . „	0·400	0·445	0·5[illegible]
Fuchsöffnung: lichte Höhe . . . „	0·420	0·390	0·[illegible]
Länge des Fuchses bis zum Kessel . . . „	2·0	1·650	1·[illegible]
Anzahl der Roststäbe	10	11	[illegible]
Stärke der Roststäbe . . . Millimeter	46/46	52/52	[illegible]
Zugkraft der Kamine, vorn am Kessel gemessen, in Millimeter Wassersäule	12	—	—

Aus obigen Angaben ergeb[illegible]

Summa Einsatz in Kilogramm pro 12 Stunden	11025	9000	84[illegible]
Rostfläche in Quadratmetern	1·25	1·23	1·2[illegible]
Lichte Oeffnung des Rostes abzüglich Roststäbe nach Procenten ausgedrückt	63	50	[illegible]
Querschnitt der Fuchsöffnung in Quadratmetern	0·168	0·174	0·3[illegible]
Verhältniss des Fuchsquerschnittes zur Rostfläche	1:7·4[1]	1 : 7	1:[illegible]

[1]) Dieser Ofen hat einen schrägen Rost.

ir ch ie er- d.	Für Stabeisen							Für Draht			Für Feineisen.	
	mit Unterwind			ohne Unterwind				ohne Unterwind			ohne Unterwind	
50	1250	750	800	750	1000	850	600	850	700	600	800	375
6	5	9	9	8	6	7	9	10	10	$10^1/_2$	5	12
50	1·100	0·940	1·150	1·100	0·941	1·255	0·890	0·889	0·993	0·940	1·175	1·0
50	0·925	0·940	0·800	0·915	1·102	1·098	0·940	0·915	0·940	0·940	1·045	0·750
00	0·425	0·420	0·400	0·313	0·470	0·340	0·445	0·817	0·418	0·340	0·340	0·280
35	0·250	0·240	0·220	0·260	0·235	0·235	0·365	0·418	0·993	0·940	0·235	0·220
20	0·350	0·410	0·300	0·365	0·314	0·314	0·315	0·287	0·340	0·340	0·365	0·320
50	0·125	0·110	0·175	0·105	0·065	0·092	0·290	0·156	0·078	0·130	0·100	0·180
25	0·425	0·480	0·600	0·470	0·497	0·471	0·575	0·601	0·470	0·370	0·490	0·525
00	2·850	2·350	2·800	2·300	3·008	2·668	2·145	2·824	2·350	2·430	2·340	2·500
70	1·625	1·620	1·800	1·460	1·490	1·569	1·310	1·386	1·350	1·500	1·490	1·750
35	0·200	0·310	0·200	0·186	0·196	0·130	0·185	0·313	0·261	0·300	0·230	0·200
15	0·325	0·365	0·320	0·366	0·366	0·392	0·365	0·350	0·366	0·350	0·420	0·280
90	0·375	0·470	0·400	0·313	0·471	0·471	0·315	0·640	0·418	0·340	0·390	0·350
50	1·430	1·500	0·700	1·882	1·255	1·560	2·00	1·500	1·569	2·0	1·570	0·700
16	15	11	16	13	15	12	12	11	13	14	16	12
46	$^{50}/_{35}$	$^{52}/_{32}$	$^{55}/_{25}$	$^{52}/_{32}$	$^{46}/_{46}$	$^{45}/_{45}$	$^{39}/_{39}$	$^{36}/_{36}$	$^{45}/_{45}$	$^{38}/_{38}$	$^{46}/_{46}$	$^{55}/_{25}$
·	—	22	10	—	20	—	—	—	24	—	—	15

folgende Vergleiche

10	6250	6750	7200	6000	6000	5950	5400	8500	7000	6300	4000	4500
·	1·02	0·88	0·92	1·01	1·04	1·38	0·84	0·81	0·93	0·88	1·23	0·75
11	32	39	34	39	27	57	48	55	49	43	37	34
74	0·122	0·172	0·128	0·115	0·172	0·185	0·115	0·224	0·152	0·119	0·164	0·098
5	1 : 8·3	1 : 5·1	1 : 7	1 : 9	1 : 6	1 : 7·4	1 : 7·3	1 : 4[2])	1 : 6	1 : 7·3	1 : 7·5	1 : 7·7

---

chräger Rost und Luftkanäle über Feuerbrücken.

Hiernach ist der durchschnittliche Einsatz pro 12 Stunden

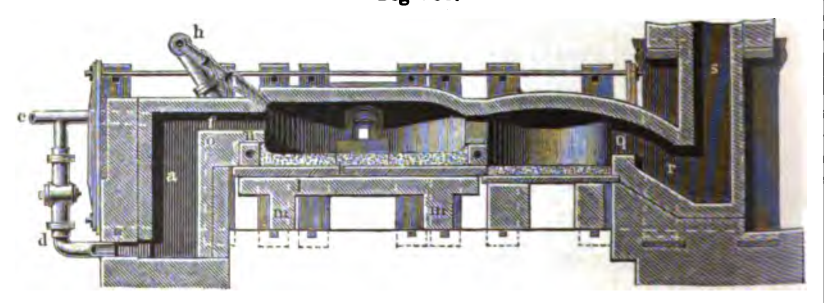
bei Eisenbahnschienen	9 475 Kg
„ Draht	7 266 „
„ mittleren und groben Stabeisensorten	6 221 „
„ Blech	5 700 „
„ feineren Stabeisensorten	4 250 „

Der günstige Einfluss des Unterwindes auf Erhöhung der Production ist ersichtlich, obwohl nur theilweis ein Vergleich gezogen werden konnte, da nur bei den Schweissöfen für Schienen und Stabeisen davon Anwendung gemacht wurde. Es betrugen nämlich die durchschnittlichen Einsätze pro 12 Stunden

bei Stabeisen mit Unterwind	6 733 Kg
„ „ ohne „	5 837 „
„ Eisenbahnschienen mit Unterwind. .	11 025 „
„ „ ohne „ . .	8 700 „

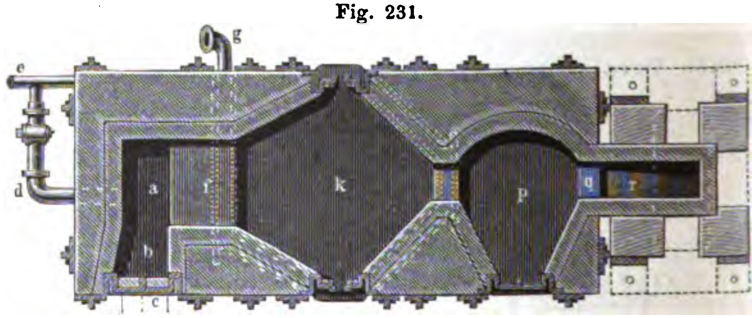
Eine Verwendung der Abhitze zum Vorwärmen in besonderen Her-

Fig 230.



Holzgasgenerator. Verticalschnitt.

Fig. 231.



Holzgasgenerator. Horizontalschnitt.

den [1]) kommt selten zur Anwendung, da der Zweck, beständig eine allmälige Erhitzung bis zu dem gewünschten Hitzegrade zu erzielen, durch

---

[1]) Vergl. S. 185. — [2]) Ein Beispiel führt auch Kerl, Metall. 2. Auflage, Bd. III, S. 512, an.

allmäliges Vorschieben in einem einzigen hinreichend grossen Herde vollkommen erreicht werden kann.

Die nachstehende Abbildung des Ekman'schen Holzgasschweissofens, dessen Feuerung bereits S. 167 und 168 beschrieben wurde, zeigt die Einrichtung eines Vorwärmherdes. Das zu schweissende Eisen wird durch die Thür *t* auf den Vorwärmherd *o* gebracht, allmälig durch Werkzeuge, welche durch die Thüren *r r* eingeführt werden, vorgeschoben und gelangt, nachdem es ziemlich heiss geworden, in den durch die beiden Feuerbrücken *n* und *m* begrenzten Schweissraum, aus dem es durch die Arbeitsöffnungen *q q* herausgeholt wird. Die Schweissschlacke fliesst durch die Stichöffnung *u* ab. Die Abhitzgase gehen schliesslich aus dem Gewölbe des Vorwärmherdes in die Esse, deren unterer Raum *p* hinreichend erweitert ist, um einen Röhrenapparat zur Erhitzung der Verbrennungsluft aufzunehmen. Die Platten *u* und *v* dienen zur Auflage der Zangen und Schaufeln.

Schweissarbeit im Flammofen.

Die Arbeit am Schweissofen ist sehr einfach. Das erste Eisenstück (der Schirbel, Zain, Zaggel) oder das aus mehreren Stücken gebildete Packet wird auf einer eisernen Schaufel in den Ofen geschoben und bei fortlaufender Arbeit an den kühlsten Ort, nämlich an die Fuchsbrücke, bei unterbrochener Arbeit an die Feuerbrücke gelegt. Im ersteren Falle wird nun unter Fortschiebung der in Zwischenräumen hintereinander eingeführten Stücke, im letzteren Falle ohne Unterbrechung der ganze Ofen gefüllt. Ist im ersteren Falle das zuerst eingesetzte Eisen oder Packet schweisswarm, so wird es mit einer Zange herausgeholt, die folgenden werden entsprechend vorgeschoben und die entstandene Lücke wird durch ein neues Stück ergänzt. Bei unterbrochener Arbeit wird bei geschlossenem Ofen der ganze Inhalt in Schweissglut versetzt und dann ohne weitere Unterbrechung, als es die Verarbeitung unter Hämmern oder Walzen erfordert, entleert. Einzelne Abweichungen kommen bei der Fabrikation der besonderen Eisenarten zu näherer Erläuterung.

Der Regel nach erkennt man den richtigen Grad der Temperatur an der Farbe des Eisens, welche besser als mit dem blossen Auge durch eine blaue Brille beobachtet werden kann. Die Schweisshitze muss saftig, d. h. es muss genügend Schlacke vorhanden sein, welche der Regel nach ähnlich wie Fettblasen auf einer Flüssigkeit auf der Oberfläche des Eisens entlang zieht, durch Capillarwirkung in die Fugen eindringt und den Hammerschlag aufnimmt.

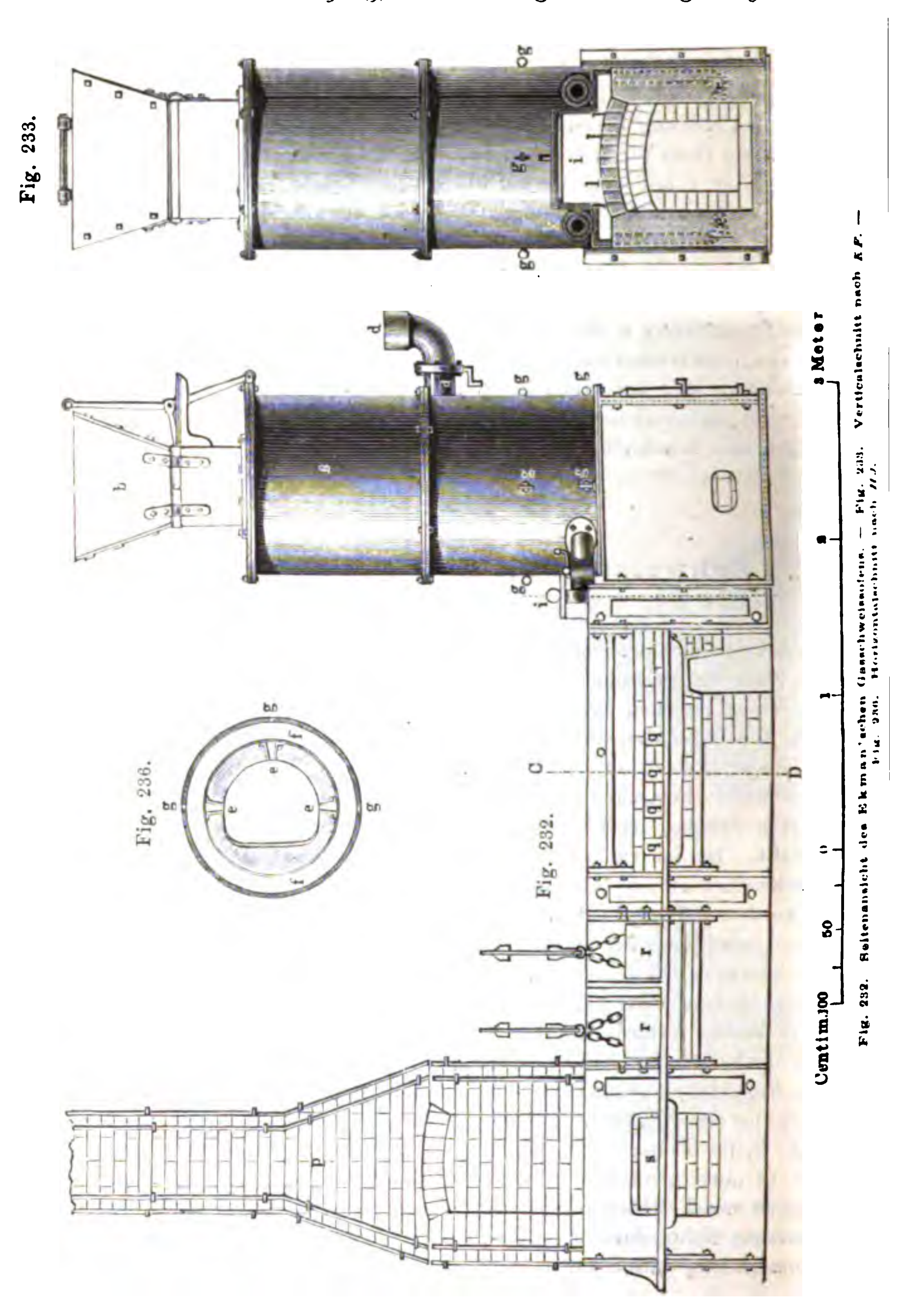


Fig. 232. Seitenansicht des Ekman'schen Gasschweissofens. — Fig. 233. Verticalschnitt nach KF. — Fig. 236. Horizontalschnitt nach HJ.

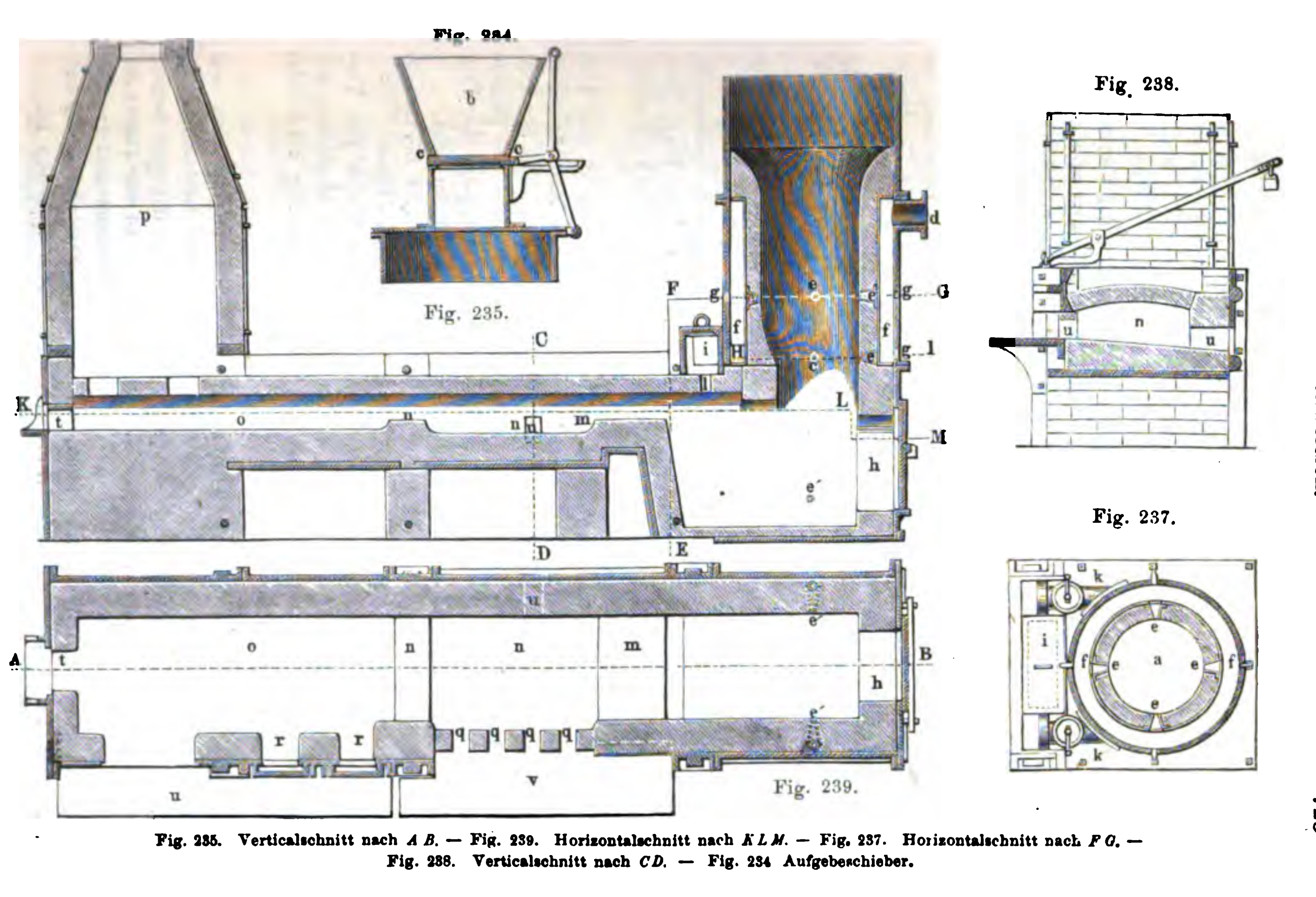


Fig. 235. Verticalschnitt nach *A B*. — Fig. 239. Horizontalschnitt nach *K L M*. — Fig. 237. Horizontalschnitt nach *F G*. — Fig. 238. Verticalschnitt nach *C D*. — Fig. 234 Aufgebeschieber.

Aufwand.

Brennmaterial.

Der Brennmaterialverbrauch hängt, abgesehen von der Construction des Feuers oder Ofens, von der Grösse der Eisenstücke und von der Art der Arbeit ab. Man kann nicht ohne weiteres angeben, ob eine fortlaufende oder eine unterbrochene Arbeit günstiger für den Brennmaterialverbrauch ist, da bei der ersteren die Arbeitsthüren verhältnissmässig häufig, wenn auch jedes Mal auf kürzere Zeit geöffnet sein müssen, während bei der letzteren, einer starken und gleichmässigen Erhitzung des ganzen Ofens, eine verhältnissmässig lange Abkühlung durch die länger hintereinander geöffneten Thüren folgt.

Beim Schweissen im Frischherde verbraucht man, wenn dasselbe während des Roheisenschmelzens geschieht, kein besonderes Brennmaterial. Benutzt man getrennte Schweissfeuer (wie bei der Zweimal- und Einmal-Schmelzerei), so rechnet man auf 100 Kg Stangeneisen 0·3 bis 0·5 cbm Holzkohle.

In den Hohlfeuern werden auf 100 Kg Eisen 70 Kg Koks verbraucht.

Bei Steinkohlenschweissfeuern, welche in regelmässiger Folge kleinere Stücke (Schirbeln) verschweissen, rechnet man auf 100 Kg fertiges Eisen 45 bis 62 Kg Steinkohle.

In den Schweissöfen werden an Steinkohlen zwischen 35 und 150, ja bis 200 Kg verbraucht, im Durchschnitt 50 bis 70 Kg. Zum Anheizen eines kalten Schweissofens, welches der Regel nach circa sechs Stunden dauert, gehen 1000 Kg Steinkohlen auf, dann rechnet man pro Stunde 200 bis 275 Kg Steinkohle, wonach sich unter Zugrundelegung der Production der Verbrauch pro 100 Kg Eisen richtiger berechnen lässt.

Bei directen Braunkohlenfeuerungen rechnet man auf 170, bei Braunkohlengasfeuerungen auf 100 Kg für 100 Kg geschweisstes Eisen.

Derartige allgemeine Angaben haben nur einen Werth für Voranschläge. Im Einzelnen weichen die Verhältnisse, selbst abgesehen davon, ob die Abhitze zur Dampferzeugung oder anderweitig verwendet wird, sehr von einander ab.

Beispiele. Zu Königshütte in Oberschlesien [1]) werden auf 100 Kg Rohschienen 56 Kg Steinkohlen verbraucht bei einmaliger Schweissung zu gewöhnlichen Packeten für Deckschienen; dagegen betrug im Durchschnitte einer 25jährigen Betriebsperiode (1844 bis 1869) der Kohlenverbrauch einschliesslich der für die Dampfhämmer und Dampfmaschinen der Walzwerke verbrauchten Feuerungskohlen und der Feuerung der Puddelöfen, also der Kohlenverbrauch vom Roheisen bis zur

[1]) Nach officiellen Quellen.

fertigen, hauptsächlich in Eisenbahnschienen bestehenden Waare [1]) auf 100 Kg, 505·9 Kg.

Zu Maximilianshütte [2]) in Bayern und zu Prävali in Kärnthen werden auf 100 Kg Luppeneisen 126 bis 129 Kg, zu Krems auf 100 Kg geschweisstes Eisen 170 Kg Braunkohle gebraucht.

Zu Rhonitz [2]) braucht man im Ekman'schen Holzgasschweissofen (S. 721) 0·158 bis 0·221 cbm Holz auf 1 Ctr. Stabeisen.

Zu Andervilliers [2]) in der Schweiz werden auf 100 Kg Walzeisen 0·138 cbm oder 85 Kg Torf verbraucht.

Bessere Beispiele wird der nächste Abschnitt liefern.

Eisenabgang.

Der Gewichtsverlust beim Schweissen hängt ab von der Menge der eingemengten und ausgepressten Schlacke und von der Menge des oxydirten Eisens, er ist daher am grössten beim Schweissen der Schirbeln und Rohstäbe und nimmt ab mit der Wiederholung der Schweissungen; er ist ferner um so geringer, je grösser das Verhältniss zwischen Volumen und Oberfläche ist.

Es kann bei sehr grossen Stücken der Fall eintreten, dass eine weitere Zulage von Eisen nicht mehr ausführbar erscheint, weil der Abbrand den Zuwachs aufwiegt. Ein solcher Fall trat z. B. beim Schmieden der Panzerplatten zu Thames Hütte bei London ein, wo man schliesslich eine weitere Verstärkung der durch Hämmern hergestellten Platten aufgeben musste.

Wegen der eingemengten Schlacken ist der Schweissabgang beim Puddeleisen am grössten, geringer beim Herdfrischeisen und am geringsten beim Bessemer- und Flussstahl.

Beim Herdfrischen beträgt vom Roheisen an bis zum fertigen Stabeisen der Abgang zwischen 9 und 30, durchschnittlich 20 bis 25 Proc., auf das Schweissen bei Holzkohle allein darf man 9 bis 12 Proc. rechnen.

Im Hohlfeuer beträgt der Abgang durchschnittlich 17 Proc.

Bei den Schweissflammöfen wird der Abbrand zu 8 bis 21 Proc., je nach der Grösse der Packete, unter der Voraussetzung gut ausgehämmerter Luppen, im Durchschnitt zu 15 bis 17 Proc. veranschlagt.

Den Abgang vom Roheisen bis zum Stabeisen pflegt man für Puddeln und Schweissen zusammen auf 20 bis 25 Proc. anzunehmen.

Bei den angegebenen Zahlen wird vorausgesetzt, dass die Abschnitte, welche als sogenannte Enden fallen, wieder verwerthet werden. Genauere Beispiele wird ebenfalls erst der folgende Abschnitt liefern; hier folgt vorläufig nur eine Uebersicht über den Abgang, welcher für verschiedenartige Producte in einem 25jährigen Zeitraume (1844 bis 1869) zu Königshütte in Oberschlesien erfolgte.

Der gesammte Abgang vom Roheisen bis zum Fertigproducte betrug in diesem Zeitraume 33·47 Proc.

---

[1]) Vergl. Tabelle S. 626. — [2]) Nach Kerl, Metall. 2. Auflage III, S. 495.

	Zusammenstellung												
	Gefertigt sind			Verarbeitet sind									Abgang
	Producte	Abfälle	Summe	Roh- Schienen	Deck- Schienen	Abfälle	Kolben	Verschiedenes Material	Blechkolben	Brammen	Geschmiedete Packete	Summe	Proc.
	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	Ctr. (50 Kg)	
Eisenbahnschienen . .	2 313 168	525 960	2 839 128	1 456 830	1 292 765	3 667	154 336	1 411	—	48 794	175 339	3 132 142	11·25
Stabeisen und Deck-	1 712 251	244 182	2 755 905	2 271 885	126 234	128 029	534 703	37 898	351	—	—	3 099 100	15·08
schienen (bis 1861 incl.)	699 472												
Feineisen	288 891	33 418	322 309	79 338	2 153	4 888	285 503	751	—	—	—	372 633	14·83
Kesselblech	244 441	42 499	277 940	27 487	26 344	5 585	—	—	279 528	—	—	338 944	20·57
Modelleisen	38 098	7 433	45 531	9 520	4 971	50	32 140	448	7 215	—	—	54 344	18·79
Kolben und Deckschienen (v. 1862 ab) . .	2 270 365	139 563	2 409 928	1 483 895	123 817	752 121	222 946	85 589	14	92 909	—	2 761 291	13·40
Kesselblechkolben . .	286 872	24	286 896	290 346	8 456	41 298	1 020	746	89	—	—	341 955	16·10
Brammen	141 703	—	141 703	173 340	—	—	—	—	—	—	—	173 340	18·23
Geschmiedete Brammenpackete	175 339	—	175 339	82 116	100 385	—	23 926	—	—	—	—	206 437	15·06
Summe . .	8 170 600	993 079	9 163 679	5 872 757	1 685 125	935 638	1 254 584	126 843	287 197	141 703	175 339	10 479 186	14·08

Production.

Eine bestimmte Production ist im allgemeinen kaum anzugeben, im Durchschnitt darf man für gewöhnliches Handelseisen 50 000 Kg per Woche rechnen.

Rinman[1]) macht folgende mittlere Angaben: Einsatz nach der Packetgrösse 400 bis 600 Kg. In 12 Stunden 5 bis 6 Einsätze. Ausbringen: von Packeten aus Rohschienen 86 bis 90 Proc., von vorgewärmten einmalgeschweissten Eisenpacketen 95 Proc., von denselben kalt 90 bis 95 Proc.

In Frankreich findet man zum Theil sehr hohe Productionen. So liefert in Creuzot im Durchschnitt ein Schweissofen wöchentlich 60 000, selbst 75 000 Kg, wobei dann auch der Kohlenverbrand sinkt und nur 45 bis 50 Proc. erreicht.

Angaben für einzelne Fabrikationszweige finden sich ebenfalls im folgenden Abschnitte.

Schweissschlacke.

Die Schweissschlacke (*Mill cinder*, *balling furnace cinder*, *flue cinder*, *rheating cinder*) schwankt in ihrer Zusammensetzung in allen Stufen von beinahe reiner Kieselsäure bis zu beinahe reinem Hammerschlag. Ersteres ist der Fall, wenn in die Sandsohle des Ofens oder in den aufgestreuten Schweisssand nur unbedeutende Eisenmengen gelangt sind, welche Singulosilicat bildend neben reichlicher Menge freier Kieselsäure bestehen, während im anderen Falle nur geringe Mengen Singulosilicat neben überwiegenden Quantitäten oxydirten Eisens vorhanden sind.

Die beste Schweissschlacke, d. h. diejenige, welche gerade ihren Zweck erfüllt, wird das einfache Singulosilicat sein.

Schweissschlacke krystallisirt oft und zwar theils im rhombischen System (nach Olivin), theils im regulären Systeme (nach Magneteisenerz), je nachdem das Singulosilicat oder das Oxydoxydul überwiegt.

Der Eisengehalt schwankt meist zwischen 45 und 60 Proc. und da im übrigen die Schlacken selten noch grössere Mengen von Phosphor oder Schwefel enthalten, bilden sie ein werthvolles Zuschlagsmaterial für die Frischprocesse, lassen sich aber selbstverständlich ebensowohl im Hochofen verwerthen, nur werden sie hierfür der Regel nach zu kostspielig.

---

[1]) Ingeniörkalender 1876.

Analysen.

Die folgenden Analysen 1 bis 3 sind von Percy [1]) mitgetheilt:

	1.	2.	3.
Kieselsäure	28·71	33·47	34·00
Eisenoxydul	66·01	65·83	55·36
Eisenoxyd	—	—	8·49
Manganoxydul	0·19	0·74	—
Thonerde	2·47	—	—
Kalkerde	0·81	—	0·36
Magnesia	0·27	—	Spuren
Schwefel	0·11	—	—
Phosphorsäure	1·22	—	—
Kupfer	Spuren	—	—
Kohlenstoff und Verlust	—	—	1·79
	99·79	100·04	100·00
Eisen Procent	51·34	51·20	49·00

No. 1. ist von E. Riley zu Dowlais-Hütte analysirt. Die Zusammensetzung nähert sich der Formel $Fe_2 Si O_3$ oder $2 Fe O, Si O_2$, also einem Singulosilicate.

No. 2. ist von Dugendt in Rammelsberg's Laboratorium [2]) gemacht und rührt aus einem Gasschweissofen in Schweden.

No. 3. ist von Rammelsberg [3]) analysirt und stammt aus einem Gasschweissofen zu Wasseralfingen. Sie hatte die gewöhnliche Farbe, war grossblättrig und mit Krystallblättern, ähnlich denen des Spiegeleisens, bedeckt. Specifisches Gewicht 3·755.

Wird das Eisenoxyd im Zustande des magnetischen Oxydoxyduls angenommen, so entspricht die Zusammensetzung einer Mengung von 6 Atomen Zweidrittelsilicat mit einem Atom Eisenoxydoxydul.

Percy wirft wohl mit Recht dazu die Frage auf: „Sollte es nicht ursprünglich ein Singulosilicat gewesen sein, welches nachträglich (bei der Abkühlung) einer höheren Oxydation unterlegen hat?"

Von mehreren durch Kerl [4]) zusammengestellten Analysen von Schweisschlacken zeigt die folgende eine sehr kieselsäurearme Varietät:

Kieselsäure	14·42
Eisenoxydul	81·01
Eisenoxyd	— [5])
Manganoxydul	2·33
Kalkerde	Spur
Thonerde	1·18
Schwefel	1·01
Phosphor	Spur

---

[1]) Iron p. 724. — [2]) Confr. Rammelsberg, Lehrbuch der chemischen Metallurgie S. 125. — [3]) 3. — [4]) Metallurgie 2. Auflage Bd. I, S. 873 und Grundriss der Metallurgie Bd. III, S. 425. — [5]) Wahrscheinlich nicht bestimmt.

Sie stammt aus einem Schweissofen von Wittkowitz in Mähren. Die Quelle ist leider nicht angegeben.

Beschaffenheit des geschweissten Eisens.

Im allgemeinen wird die Beschaffenheit eines Eisens durch Schweissprocesse so lange verbessert, als der Kohlenstoffgehalt in den Grenzen bleibt, welche den verlangten Eigenschaften des Productes entsprechen; denn bei jeder Schweissung und nachfolgenden Bearbeitung wird die zwischen den Eisentheilen (Körnern und Sehnen) befindliche Schlacke vermindert, das Eisen also homogener und gleichzeitig von den in die Schlacke übergehenden Bestandtheilen, z. B. Phosphor, mehr und mehr befreit. Auch Schwefel oxydirt sich fortlaufend. Ein Mangangehalt des Eisens wird auch bei dem Schweissprocesse durch Bildung einer leichtflüssigen Schlacke günstig wirken.

Für sehniges Eisen, welches einen sehr geringen Kohlenstoffgehalt verträgt, wird der Schweissprocess schliesslich dadurch begrenzt, dass ein völlig entkohltes und dann ein verbranntes, d. h. innig mit Oxydoxydul imprägnirtes Eisen entsteht, welches grobkrystallinisch und brüchig erscheint und nur durch Reduction wieder in brauchbaren Zustand versetzt werden kann, da die Schweissschlacke nicht mehr genügt, das sich nach der Entkohlung in sehr reichem Maasse bildende Oxydoxydul aufzunehmen.

Für Stahl ist aber die Grenze des entsprechenden Kohlenstoffgehaltes viel enger gezogen und daher ist auch der Stahl schneller dem Verderben durch den Schweissprocess ausgesetzt und bedarf einer sehr sorgfältigen Behandlung, namentlich muss bei der Packetirung darauf Bedacht genommen werden, die lufterfüllten Zwischenräume zwischen den einzelnen Stücken möglichst gering zu machen.

Am schwierigsten ist ein grafithaltiger Stahl zu behandeln, weil der Grafitgehalt ganz unberührt zurückbleibt, während sich der amorphe Kohlenstoff vermindert und endlich ganz verschwindet. Aus diesem Grunde lassen sich ihrem Gesammtkohlenstoffgehalte nach zwar noch schweissbare kohlenstoffreiche, aber schon grafithaltige Stahlsorten (z. B. Werkzeuggussstahl) so schwierig behandeln.

Mittel zur Verhütung des Abbrandes und der Entkohlung.

Das beste Mittel zur Verminderung des Abbrandes und Verhinderung der Entkohlung ist die Anwendung reichlicher Mengen Schweisssand. Es bildet sich dann aus der ganzen Menge vorhandenen Eisen-

oxydoxyduls ein Eisenoxydulsingulosilicat (Rohschlacke) und es fehlt, da dieses die Oberfläche überzieht und eine weitergehende Oxydation verhindert, an dem entkohlenden Oxydoxydul. Bei sorgfältiger Arbeit wendet man, da ein gewöhnlicher Quarzsand nicht hinreichend haftet, für diesen Zweck einen etwas thonhaltigen Sand an, welcher mit Wasser zu einem Brei angerührt und übergestrichen wird. Quarzhaltiger Thon oder Lehm erfüllen denselben Zweck.

Für Stahl ist eine sehr grosse Zahl von Schutzmitteln anempfohlen worden, welche entweder nur den Zweck haben, eine dünnflüssige Schlacke zu bilden, oder aber allein oder gleichzeitig Reductionskohlenstoff zuführen sollen. Zu den ersteren Mitteln gehören gestossenes Glas, Borax, Kochsalz, Soda, Potasche, Salmiak, Braunstein. Schwerspath und Flussspath. Zu den letzteren: Cyankalium, Blutlaugensalz, Colophonium, Theer, Pech, Paraffin, Petroleum.

Durch die Feuerführung, und zwar bei directer Feuerung durch Bildung einer russenden Flamme, bei Gasfeuerung durch Ueberschuss von Kohlenoxyd, kann man wesentlich auf Verminderung des Abbrandes hinwirken.

Beispiele. Englischer Gärbstahl. Ein Beispiel der regelmässigen Anwendung von Thon liefert die Fabrikation des Gärbstahls aus Cementstahl in England. Die Cementstahlstäbe werden in circa 42 cm lange Stücke zerbrochen, welche unter dem Hammer bei Rothglut zu Stangen von circa 4 cm Breite und 1·3 cm Dicke ausgereckt werden. Mehrere (oft bis 36) dieser Stangen werden packetirt und die Garbe wird an einem Ende durch einen mit Handgriff versehenen Ring zusammengefasst. Das freie Ende kommt ins Hohlschweissfeuer, nachdem es mit feingepulvertem Thone überstreut ist. Hat es Schweisshitze, so wird es unter dem Hammer zu einem circa 5 cm starken Quadratstabe ausgeschmiedet. Hierauf wird das ausgeschmiedete Ende gefasst und das andere ebenso behandelt. Nun nennt man den Stahl einfachen Gärbstahl (*single shear steel*). Dieser Stahl wird abermals zerbrochen und in zwei oder mehreren Stücken packetirt, gegärbt und zu den Dimensionen ausgehämmert, welche für die Weiterverarbeitung erforderlich erscheinen. Er heisst nun Doppelgärbstahl (*double shear steel* [1]).

Am schwierigsten ist die Schweissung von Eisenstücken sehr verschiedenen Kohlenstoffgehalts, z. B. von hartem Tiegelgussstahl und weichem sehnigen Eisen, eine Arbeit, die unter dem Namen des Anstählens oder Vorstählens (*steeling*) besonders zur Herstellung von Werkzeugen oft vorkommt.

---

[1]) Der Name Scheerenstahl (*shear steel*) rührt nach Percy, (Iron, p. 859) von dem vorzüglichen Gebrauche dieses Stahles zu den Klingen der Wollenscheermaschinen.

Obwohl man zu diesem Zwecke der Regel nach die einzelnen, an den Schweissstellen mit leichtflüssigen Schweissmitteln bestreuten, vorher in passende Form gebrachten Stücke zuerst zusammenlegt und dann gemeinschaftlich erhitzt, ist doch das allerdings weit grössere Geschicklichkeit erfordernde Verfahren rationeller, wonach die einzelnen Stücke besonders auf die ihrem Kohlenstoffgehalte entsprechende Schweisstemperatur gebracht und dann erst vereinigt werden.

Im ersten Falle ist ganz besonders schnelle Erhitzung unter möglichstem Luftabschlusse Bedingung eines guten Gelingens.

Auch hier bedient man sich neben dem Sande oder Thone leichtflüssiger Schweissmittel, wie gepulverten Glases, des geschmolzenen und wieder gepulverten Borax, des Schwerspaths u. s. w. Man bestreicht die Berührungsflächen mit einem Brei dieser Pulver oder überstreut sie trocken und behandelt die Aussenfugen ebenso.

Karmarsch [1]) giebt noch folgende als bewährt gefundene Schweisspulver an:

Für Stahl auf Eisen

35·6 Gewichtstheile Borsäure,
30·1 " Kochsalz,
26·7 " Blutlaugensalz,
7·6 " Kolophonium;

für Stahl auf Stahl

41·5 Gewichtstheile Borsäure,
35·0 " Kochsalz,
15·5 " Blutlaugensalz,
8·5 " entwässertes kohlensaures Natron.

Ferner

7 Gewichtstheile durch Erwärmen in ein weisses Pulver verwandeltes Blutlaugensalz,
2 " entwässertes kohlensaures Natron,
Wechselnde Mengen von Borax;

oder

8 Gewichtstheile Schwerspath,
1 " Glasgalle,
1 " Braunstein;

oder

12 Gewichtstheile getrockneter Lehm,
3 " calcinirte Soda,
2 " Potasche;

oder

8 Gewichtstheile Borax,
1 " Salmiak,
1 " Blutlaugensalz;

zusammen in Wasser aufgelöst und unter beständigem Umrühren bei gelinder Wärme zur Trockniss abgedampft.

---

[1]) Technologie I, S. 199, 4. Auflage.

Man sieht, dass auch diese Mischungen neben der Bildung einer leichtflüssigen, den Hammerschlag aufnehmenden Schlacke der Regel nach noch eine Zuführung von Kohlenstoff als Gegengewicht gegen unvermeidliche Oxydation beabsichtigen.

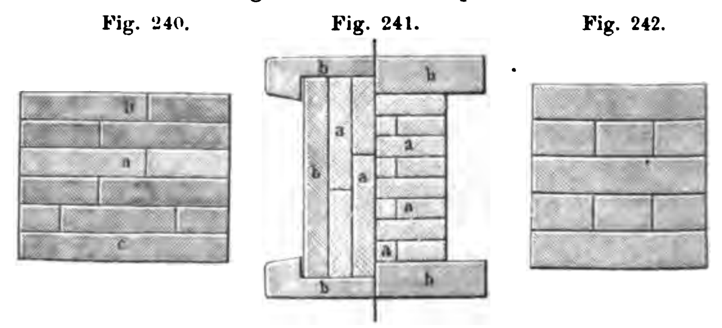
Packetirung.

Die Packetirung des Eisens hat entweder den Zweck, ungleichförmige Beschaffenheit auszugleichen, oder verschiedenartige Eisentheile in einem Stücke zu vereinigen.

Die Regel ist, dass ein Packet aus Stäben oder Platten gebildet wird, welche behufs der sicheren und guten Aufeinanderlage einen oblongen Querschnitt haben. Um diese einzelnen Stäbe und Platten zusammenzuhalten, wenn sie in den Schweissapparat kommen, pflegt man ihnen als Unterlage, oft auch als Decke eine grössere Platte (Platine, Fuss- oder Deckstück) zu geben. Kleinere Stücke bindet man durch Drath zusammen oder legt sie auf ein Brettchen, welches im Schweissofen durch Verbrennung verzehrt wird.

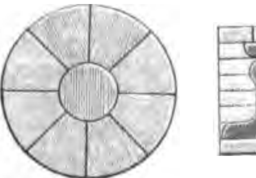
Der Regel nach ist ein Packet von parallelepipedischer Form, in dem kleineren Verticalschnitt ganz oder nahezu quadratisch.

Fig. 240. Fig. 241. Fig. 242.



Ein solches Packet für eine Eisenbahnschiene mit Puddelstahlkopf

Fig. 243. Fig. 244.



und stark ausgebildetem Sehnenfuss (Vignolschiene) ist in der Figur 240, abgebildet. *a a* sind hier Rohschienen, welche in zwei Breiten ausgewalzt waren, um die Fugen in Verband zu bringen. Als Fussstück dient eine doppelt geschweisste Platte *c* aus gutem sehnigem Eisen, welche an den Wänden noch zwei gleichbeschaffenene Quadratstäbe trägt. Als Decke dienen Stahlschienen (*b*), welche oft durch eine einzelne

doppelgeschweisste Stahlplatte mit darunter liegenden Quadratstäben aus demselben Material ersetzt werden.

Bei sehr grossen Stücken von stark ausgebildetem Profil pflegt man der Form des Productes schon im Packete vorzuarbeiten. So zeigt Fig. 241 zwei Arten einer Packetirung für grosses Doppel-T-Eisen. Links findet sich eine theilweis horizontale, theilweis verticale, rechts eine gleichartige Packetirung. *b* bedeutet wieder doppelgeschweisste Eisenplatten, *a* Rohschienen.

Blech, welches nach allen Seiten gleiche Zugfestigkeit haben soll, wird aus sogenannten Kreuzpacketen hergestellt, Fig. 242, d. h. es werden die Stäbe in horizontaler Lage kreuzweis aufgestapelt.

Ausnahmsweise Packetirungen kommen für einzelne Gegenstände vor, welche besonders grosse Festigkeit haben sollen, so z. B. für Eisenbahnwagenaxen, die in Fig. 243 angegebene Anordnung.

Abfälle und Enden schliesst man in einen aus Deckschienen gebildeten kastenartigen Raum ein und umbindet das Ganze mit Drähten oder Flacheisen.

Schwierig ist es oft, Abfälle und Enden von Façoneisen, z. B. Eisenbahnschienen, zu packetiren. Man hilft sich dann nach den vorhandenen Beständen durch Gegeneinanderlegen verschiedener Sorten, wovon Fig. 244 ein Beispiel zeigt.

Beim Stahl muss sehr sorgfältig vorgegangen werden. Zuvörderst werden die einzeln zu schweissenden Stäbe unter dem Hammer geglättet, eine Arbeit, die man Plätten nennt, dann gerade gerichtet (geschient). Aus diesen Stäben legt man erst das hier Garbe genannte Packet zusammen, welches am sichersten im Holzkohlenfeuer geschweisst (gegärbt) wird.

Bei der Feststellung des Gewichts eines Packetes muss man zu dem verlangten des fertigen Productes den Schweissverlust und das Gewicht der Abfälle (Enden bei Stäben und Abschnitte bei Blechen) rechnen. Je höher das Gewicht, um so kleiner braucht die Zugabe zu sein. Deshalb pflegt man gern Eisenbahnschienen und ähnliche Gegenstände in langen Stücken zu walzen und diese dann zu zerschneiden. Auf beide Enden eines Stabes rechnet man 16 bis 90 cm Länge bei Sehneisen, 8 bis 40 cm bei Stahl.

Rinman [1]) nimmt für Stabeisen und Schienen 15 bis 45 cm an jedem Ende, für mittelstarke Bleche 20 Proc. an Abschnitten, für dünne, lange und schmale Bleche 25 bis 40 Proc. des fertigen Products an.

---

[1]) Ingeniörkalendern 1876.

Behandlung der schweisswarmen Packete.

Sind die Schirbeln oder Packete schweisswarm, so gehen sie entweder unter den Hammer oder unter die Walzen, um zusammengedrückt und von der eingeschlossenen Schlacke befreit zu werden. Man holt sie mit Zangen aus dem Schweissapparat und bringt sie auch mit denselben Werkzeugen zwischen die Walzen. Beim Hämmern pflegt man hin und wieder einen Eisenstab (Schweif) anzuschweissen, der als Handhabe dient. Sehr grosse Packete zieht man durch mechanische Mittel, wie diese bei den einzelnen Fabrikationszweigen näher beschrieben werden sollen, aus den Oefen.

Der Transport zum Walzwerk oder zum Hammer erfolgt bei kleineren Stücken durch Tragen oder Schleifen auf dem mit Eisenplatten belegten Hüttenboden, bei grösseren Stücken auf Schaufeln oder in Haken, welche mittelst Rollen an Hängeschienen laufen, bei noch grösseren Packeten auf zwei- oder vierrädrigen Wagen.

Zuweilen führen beständig rotirende, aus der Hüttensohle etwas hervorragende Rollen längere Stäbe, z. B. dreifache Eisenbahnschienen, zu den Walzen und von diesen zu den Oefen zurück.

Schweissen von flüssigem Stahl und Schmiedeisen.

Man hat vielfach und auch mit gutem technischen, wenn auch meist schlechtem ökonomischen Erfolge versucht, geschmolzenen Stahl mit schweisswarm gemachtem Schmiedeisen zu vereinigen. Es gehört hierzu nur eine reine Oberfläche des letzteren, welche am besten durch gepulverten Borax, der den Hammerschlag sehr leichtflüssig macht, hervorgebracht wird.

Die so vorbereitete Stange wird in die Form gestellt, welche den flüssigen Stahl aufnimmt.

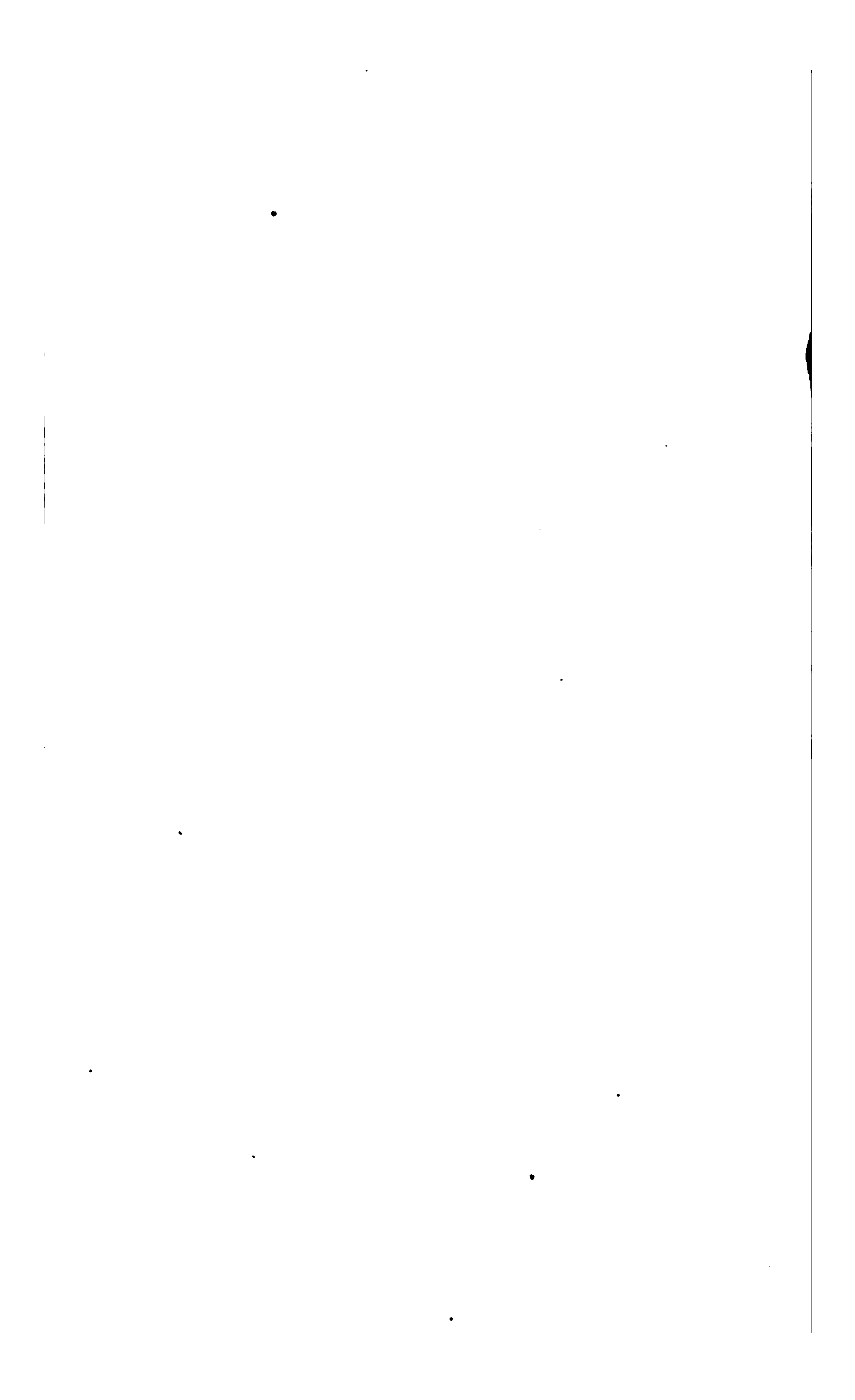
Die Monkbridge Hütte bei Leeds in England hat nach Percy [1]) das Material für Eisenbahnradreifen längere Zeit hindurch so hergestellt. Als Kern diente hierbei bestes Yorkshireeisen, als Hülle Tiegelgussstahl. Das erstere wurde durch Biegen und Zusammenschweissen der Enden in Ringform gebracht, dann im Ganzen schweisswarm gemacht, mit Borax überstreut und in die Form eingelegt, deren freier Theil darauf schnell mit Stahl ausgegossen wurde. Der erstarrte Reif

[1]) Iron, p. 859.

wurde nachher unter dem Hammer geschmiedet und dann fertig ausgewalzt. Die Schweissstelle soll bei guter Arbeit vollkommen gesund und weder beim Brechen noch beim Biegen zu trennen gewesen sein.

Das umgekehrte Verfahren, d. h. das Ausgiessen eines schmiedeisernen schweisswarm gemachten und mit Borax ausgestreuten Rohres mit Gussstahl, hat man für gezogene Gewehrläufe, auch für Kanonen anzuwenden vorgeschlagen.

Bei diesem Verfahren der Schweissung fällt der Druck fort, aber das geringe specifische Gewicht der gebildeten flüssigen Schlacke begünstigt deren Entfernung von der Trennungsfläche und das Aufsteigen in der gleichfalls flüssigen Stahlsäule, so dass der Zweck, eine reine metallische Berührungsfläche zu erhalten, in der That so erreicht wird.



B. Formgebung des schmiedbaren Eisens.

---

1. Formgebung des Herdfrischeisens unter dem Hammer.

Nachdem der Deul der Herdfrischprocesse zerschroten und die einzelnen Theile, Schirbel oder Kolben in demselben Frischapparate oder in einem besonderen Ausheizapparate wieder erhitzt worden sind, erfolgt das Ausrecken durch Handarbeit unter mechanisch, meist durch Wasserräder, bewegten Hämmern.

Helmhämmer[1]).

Diese Hämmer kommen alle darin überein, dass sie einen schweren Eisentheil, den Hammerkopf, an einem Stiel oder Helm tragen, der sich um horizontale Zapfen dreht, und sie werden deshalb auch mit dem gemeinschaftlichen Namen der Stiel- oder Helmhämmer belegt. Der Hammer wird durch Vermittelung einer mit Hebedaumen besetzten Welle gehoben und fällt frei nieder auf das auf einer festen Unterlage, dem Amboss, liegende Eisenstück.

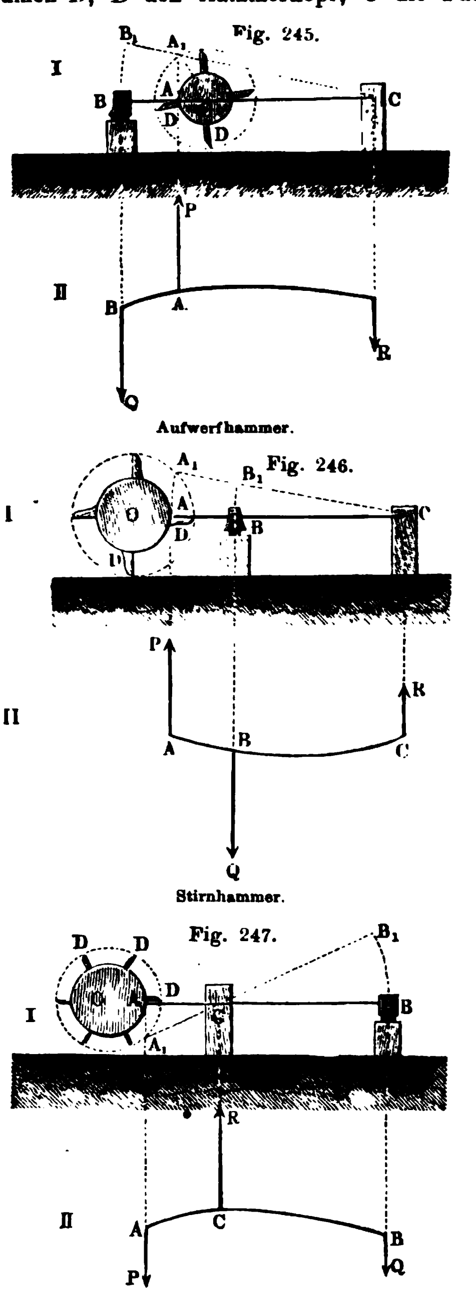
Die Hebedaumen greifen entweder zwischen der Drehaxe des Hammerhelms und dem Hammerkopf an — Aufwerfhämmer und Patschhämmer — oder an dem über den Kopf hinaus verlängerten Helme — Stirnhämmer — oder endlich an dem über die Drehaxe hinaus verlängerten Helme — Schwanzhämmer.

Diese drei Arten von Helmhämmern sind schematisch in den drei folgenden, der Weisbach'schen Ingenieur- und Maschinen-Mechanik entnommenen Zeichnungen enthalten [2]) (Fig. 245, 246 u. 247 a. f. S.).

---

[1]) Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung; Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik; Hauer, Hüttenwesens-Maschinen.
[2]) III. Bd., 2. Abth., 1. Auflage.

Hier bedeutet überall C den Drehpunkt, A den Angriffspunkt der Daumen D, B den Hammerkopf, O die Daumenwelle, $B_1 B$ die beim freien Fall vom Hammerkopf zurückgelegte Kreisbogenbahn, $A_1 A$ die entsprechende Bahn am Angriffspunkte.



Die lebendige Kraft des Hammers beim Aufschlagen ist $= G h$, wenn G das gesammte Gewicht (Hammerkopf und Helm), h die Fallhöhe des Schwerpunktes bedeutet. Nennt man den Kraftarm oder den Abstand des Angriffspunktes der Kraft von dem Drehpunkte $CA = a$ und den Abstand des Schwerpunkts des Hammerkopfs vom Drehpunkt $CB = b$, so ist $P = \frac{b}{a} Q$. Daher muss bei gleichem Verhältnisse von $\frac{b}{a}$ zur Erzielung gleicher lebendiger Kraft ein Hammer mit kleiner Hubhöhe ein grosses Gewicht haben und umgekehrt.

Wird ferner die Fallhöhe des Schwerpunktes des ganzen Hammers $= h$, diejenige des Hammerkopfes $= l$ genannt, so ist, wenn die Entfernung des ersteren von der Drehaxe mit c bezeichnet wird, $\frac{h}{l} = \frac{c}{b}$. Es kann daher bei gleicher Hubhöhe zur Erreichung derselben lebendigen Kraft das Gewicht des Hammerkopfes um so kleiner sein, je

mehr die beiden Schwerpunkte zusammenfallen. Der Regel nach construirt man die schwersten Hämmer als Stirn-, die leichtesten als Schwanzhämmer.

Der Helm ist einer Biegung ausgesetzt, wie jedesmal Nr. II in den Figg. 245 bis 247 zeigt. Diese Biegung ist am stärksten beim Schwanzhammer, am geringsten beim Aufwerfhammer, nämlich

beim Schwanz-, Stirn-, Aufwerfhammer

$$= 1 \; : \; 1 - \frac{b}{a} \; : \; 1 - \frac{a}{b}$$

Daher muss unter sonst gleichen Umständen der Helm beim Schwanzhammer am stärksten ausfallen. Letzterer wird der Regel nach nur zum Ausschmieden schwächerer Eisensorten benutzt.

Um die Schlagdauer zu verkürzen, ohne die lebendige Kraft zu verringern, begrenzt man die dem freien Hube entsprechende Fallhöhe durch einen elastischen Körper (Prellung), d. h. man lässt den Hammerkopf nicht bis zu der Höhe aufsteigen, welche dem Momente der ihm durch die Daumen ertheilten Bewegung entsprechen würde, sondern fängt denselben vorher auf.

Diese Prellung legt man in der Form eines elastischen Balkens (Reitel) bei Aufwerfhämmern über den Helm, in der Form eines Buffers (Prellklotz) bei Schwanzhämmern unter den Schwanz. Bei Stirnhämmern ist der Regel nach eine Prellung nicht erforderlich, weil wegen ihrer Schwere nur eine geringe Schlagzahl nöthig erscheint.

Die Drehaxe der Helmhämmer hat die Form eines den Helm umschliessenden Auges mit zwei Zapfen, welche in Lagern ruhen. Diese Lager sind in einem eisernen oder hölzernen Gerüste befestigt, welches oft gleichzeitig die Prellvorrichtung trägt.

Die Daumenwelle, welche meist ohne jede Uebersetzung eine Verlängerung der Wasserradwelle bildet, liegt bei Schwanz- und Stirnhämmern der Regel nach rechtwinklig zum Hammerhelm, bei Aufwerfhämmern dagegen parallel, doch kommen beiderseitig vielfache Ausnahmen vor.

Der Hammerhelm besteht aus Holz (Esche oder Buche), selten aus Schmiedeisen, oder bei Stirnhämmern, wo er mit dem Kopfe ein Stück bildet (Patschhämmer), aus Gusseisen.

Der Hammerkopf wird sowohl aus Schmiedeisen mit verstählter Bahn, als aus Gusseisen mit abgeschreckter Bahn, oder aus Stahl mit geharteter Bahn hergestellt.

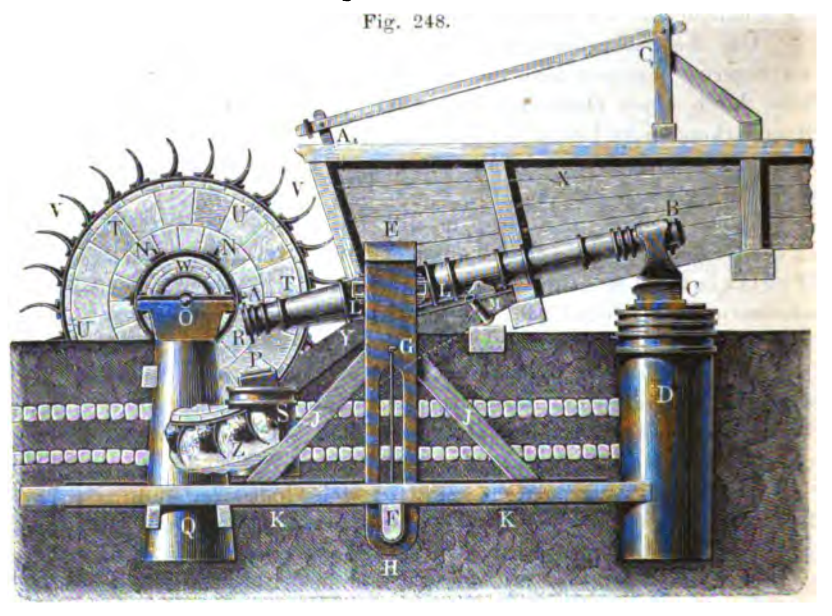
Das zu bearbeitende Eisenstück ruht auf dem Amboss. Der Amboss bildet daher den festen Widerstand und darf den Schlägen des Hammers nicht ausweichen. Da er aber gleichzeitig mit seiner Bahn eine bestimmte, meist der Hammerbahn parallele Lage haben soll und darauf eingerichtet werden muss, so stellt man ihn aus gleichen Materialien wie den Hammerkopf, mit verhältnissmässig geringem Gewichte her und befestigt ihn in einer schweren Unterlage, der Schabotte (Chabotte, Chavatte, Chabatte), die meist aus einem einzigen Stücke Gusseisen besteht und auf dem tief in das Erdreich eindringenden Hammerstocke ruht.

Der Hammerstock besteht der Regel nach aus einem Baumstamme von hartem Holze, bei ganz leichten Hämmern aus einem mit Sand gefüllten, fassdaubenartig zusammengefügten cylindrischen Gefässe.

Schwanzhämmer.

Fig. 248 stellt einen steierischen Schwanzhammer dar, welcher durch ein sogenanntes Stockwasserrad $T\,T$ mit gekröpften eisernen Schaufeln $V\,V$ betrieben wird. Das Aufschlagswasser kommt aus dem Gerinne X. Die

Fig. 248.



Steierischer Wasserradschwanzhammer.

den Zapfenring tragenden Lager L ruhen in den Gerüstständern $G\,H$, welche unten geschlitzt sind und den Verbindungsbalken F tragen, der seinerseits wieder an einer schmiedeisernen Stange G aufgehängt ist. Ueber den Querbalken laufen die Verbindungsstücke (Schwerbrückenbalken) K, welche die Lagerständer Q der Daumenwelle W und den Hammerstock D gleichfalls mit dem noch durch Querspreizen J gestützten Gerüstständer G zu einem festen Ganzen verknüpfen.

Die Daumen V drücken den mit eisernen Ringen armirten Schwanz A nieder. Der Prellklotz P, der aus einem Holzstock S und einer darauf liegenden eisernen Platte besteht, fängt den Schwanz auf. Der Hammerkopf B fällt auf den Amboss C, welcher in einer gusseisernen Schabotte befestigt ist, deren Unterlage der Hammerstock D bildet. Soll der Hammer ohne Anhalten des Wasserrades stillgestellt werden, so wird die

Stütze *M* (der sogenannte Bauer oder Knecht) vermittelst eines Handgriffs aufgestellt, während der Hammer in höchster Lage sich befindet. Die Schnelligkeit der Hammerschläge wird nur durch die Menge des Aufschlagswassers vermittelst der Schütze A_1 regulirt.

Ein durch eine oscillirende Dampfmaschine betriebener Schwanzhammer ist in Fig. 249 dargestellt. Der schmiedeiserne, ca. 100 Kg

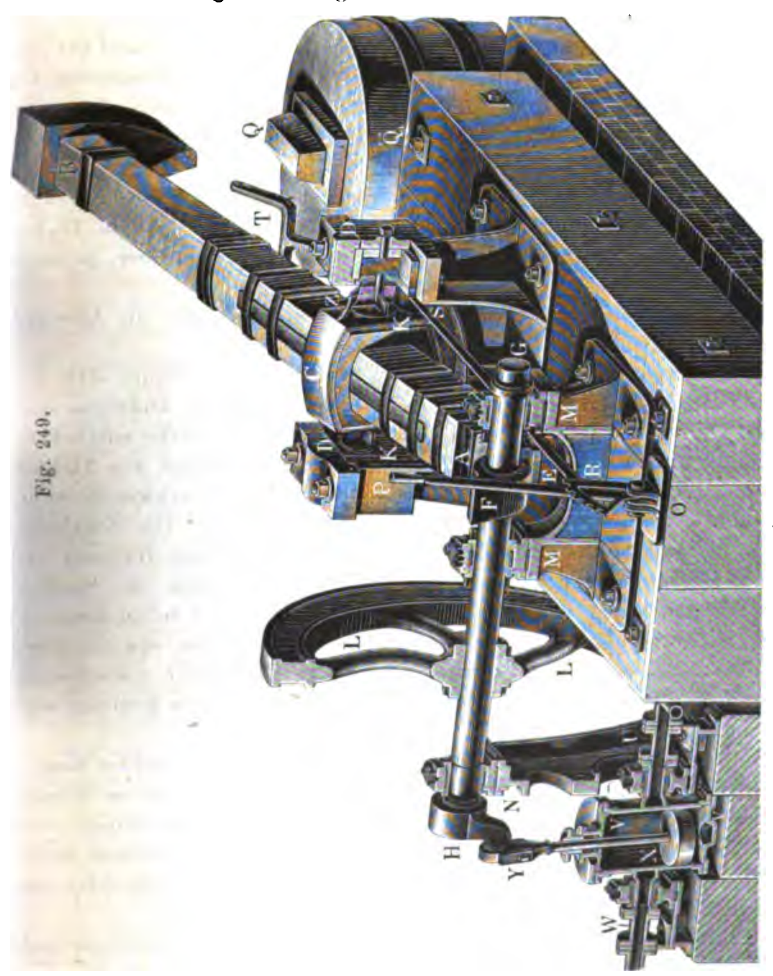


Fig. 249.

Dampfschwanzhammer.

schwere Hammer macht bei 0,39 m Hub per Minute 120 Schläge. Der Hammerhelm *AB* ist aus Buchenholz gefertigt und in dem Ringe *CK* verkeilt. Zum Niederdrücken dienen nur zwei Daumen *F*, welche auf eine an den Schwanz angesetzte, also denselben verlängernde Eisenplatte oder Knagge *E* drücken. Ebenso schlägt der Schwanz mit einer daumartigen Platte auf den Prellstock auf.

Der Durchmesser des Dampfkolbens *X* ist 212 mm, der Kolbenhub 316 mm, der Dampf hat $4^1/_2$ Atmosphären Spannung. Die Dampfmaschine ist mit Schwungrad versehen. Um den Hammer stillzustellen, ohne die Maschine anzuhalten, wird die Gabel *T* vermittelst der Vorrichtung *OPRS* aufgerichtet.

Die beiden Hebelarme eines Schwanzhammers legt man im Verhältniss von 4 : 9 bis 4 : 12 an. Die Hubhöhe wechselt zwischen 30 und 60 cm, beträgt der Regel nach aber 50 cm; das Gewicht des Hammerkopfes schwankt zwischen 100 und 750 Kg, beträgt der Regel nach aber von 200 bis 320 Kg; die Zahl der Schläge ist für Zänge- und grobe Schmiedarbeit durchschnittlich 120.

Soll ein Schwanzhammer nur für Schmiedarbeit verwendet werden, so kann man die Hubhöhe auf 30 cm und das Gewicht bis auf 75 Kg verringern, die Zahl der Schläge dagegen auf 200 und darüber, je nach der Geschicklichkeit der Arbeiter, vermehren.

Die Schwanzhämmer haben den grossen Vortheil, für die Arbeiter den Raum am Amboss hinreichend frei zu lassen.

Die Hammerbahn macht man bei 12 bis 54 mm Breite 310 bis 630 mm lang. Dieselbe wird so gelegt, dass sie beim Aufliegen den Amboss nur vorn berührt, um bei einer mittleren Eisenstärke möglichste Parallelität der beiden Bahnen zu erreichen. Hammerkopf wie Amboss erhalten häufig besondere Bahnen, welche durch schwalbenschwanzförmige Feder und Nut mit dem Hauptheile verbunden sind. Die Schabotte wird 5- bis 8mal, besser 10- bis 20mal so schwer als der Hammer gemacht. Der Hammerstock, der vermittelst Reifen gegen das Spalten durch Eintreiben der Schabotte geschützt ist, erhält ca. 1 m Durchmesser und 2 bis 3 m Länge und ruht oft noch auf einem Lager von Schotter, Holz, oder selbst auf einem Gerüste von Pfählen auf. Die oben erwähnten mit Sand gefüllten, von Fassdauben begrenzten Schabotten kommen nur bei kleinen Hämmern vor.

Die Hammer- oder Daumenwelle besteht aus einem gesunden Baumstamm von der Regel nach 6 bis 7 m Länge und 60 bis 80 cm Stärke. Die Daumen oder Ertel sitzen an einem starken eisernen Ringe und sind an beiden Seiten mit hartem Holz armirt. Ihre Druckfläche sollte eine Epicykloide sein, wird aber nur annähernd durch Beschneiden des Holzes in diese Form gebracht.

Das Hammergerüst der Schwanzhämmer ist äusserst einfach und beschränkt sich auf die zwei die Zapfenlager (Büchsen) tragenden Säulen.

Für Schwanzhämmer sind als Motoren unterschlägige Wasserräder, Poncelet-Räder und Turbinen mit horizontaler Axe am besten direct zu verwerthen, ober- und mittelschlägige Wasserräder verlangen Vorgelege zur Verdoppelung der Geschwindigkeit. Hochdruckdampfmaschinen kann man bei Krummzapfenverbindung zum directen Betriebe der Daumenwellen gebrauchen.

Aufwerfhämmer.

Die Aufwerfhämmer sind die im Norden Europas verbreitetsten Helmhämmer beim Frischfeuerbetriebe.

In nachstehender Fig. 250 (a. f. S.) ist ein schwedischer abgebildet. Ein oberschlägiges Wasserrad *l* treibt die Hammerwelle *i*, welche parallel dem Helme läuft und mit dem Daumenkranz kk' armirt ist. Der Hammerkopf *b* ist an den walzenförmigen Holzhelm (aus Birkenholz) *e* festgekeilt. Der letztere dreht sich mit den Zapfen d'' in den Lagern. Die Lager liegen in einem eigenthümlich geformten, auf einer Holzunterlage ruhenden, mit dem Fundamente *gh* und dessen Holzsohle h' durch Bolzen fest verbundenen Gerüste *d* und sind leicht herausnehmbar. Dasselbe Gerüst trägt den aus zwei federnden Holzstücken zusammengesetzten Reitel *e*, der durch Bänder und Keile fest damit verbunden ist.

Der Amboss *a* und die Schabotte ruhen auf dem hier im Horizontalschnitt quadratischen, aus vier Holzblöcken bestehenden und mit Eisenreifen armirten Hammerstock. Der letztere liegt auf einem Holzfundamente und ist von dem benachbarten Erdreich durch eine doppelte hölzerne Spundwand $a''a''$ isolirt.

Die alten deutschen Aufwerfhämmer, wie sie noch um Mitte des Jahrhunderts in grosser Zahl in Oberschlesien existirten, waren in mächtigen Holzgerüsten angeordnet, wie deren eins in der Fig. 251 (a. S. 745) abgebildet ist. Ein solches Gerüst bestand aus vier Paar Säulen, den Reitel- oder Drahmsäulen *KM* und *LN*, in denen der Reitel *HL* gelagert war, den Büchsensäulen, welche die Drehzapfen aufnahmen, *CS*, und den Hüttensäulen *Q*. Alle waren durch den Drahmbaum *OP* verbunden und noch sonst durch Streben abgesteift.

Dem verstorbenen Oberhütteninspector Wachler zu Malapane war namentlich die Einführung der eisernen Hammergerüste zu danken, welche viel einfacher ausfielen, durch ein eisernes Fundamentgitter hinreichende Festigkeit erhielten und die Zugänglichkeit des Hammers wesentlich beförderten. Der eintretende Holzmangel zwang schnell zu allgemeiner Einführung der eisernen und zum Verlassen der Holzgerüste.

Die Zeichnung, Fig. 252 (a. S. 745), stellt ein eisernes Hammergerüst dar. Die gusseisernen Gerüstsäulen *KUM* und *LVN* tragen den Reitel. In dem Ständerpaar *ST*, den Büchsensäulen, liegen die Lager für die Zapfen des Helms *AD*. Die Säulen sind verbunden und gehalten durch das auf dem Holzfundament *O* ruhende eiserne Gerüst QRR_1Q_1, welches einen Kasten von 2,8 m Länge, 1,6 m Breite und 1,65 m Höhe bildet. Die angegossenen Kästen *N* und *M* nehmen die Reitel-Säulenfüsse auf. Der Hammerstock steht getrennt. Aus der Zeichnung ist die Einrichtung des Daumenkranzes und die Anfügung der Holzstöcke *E* gut zu ersehen. Der Helm ist am Angriffspunkte der Daumen mit einem Blechstücke armirt.

Die Aufwerfhämmer haben wohl zuerst Veranlassung zum Uebergange auf directen Dampfbetrieb gegeben. Zwar kommt es nur selten vor,

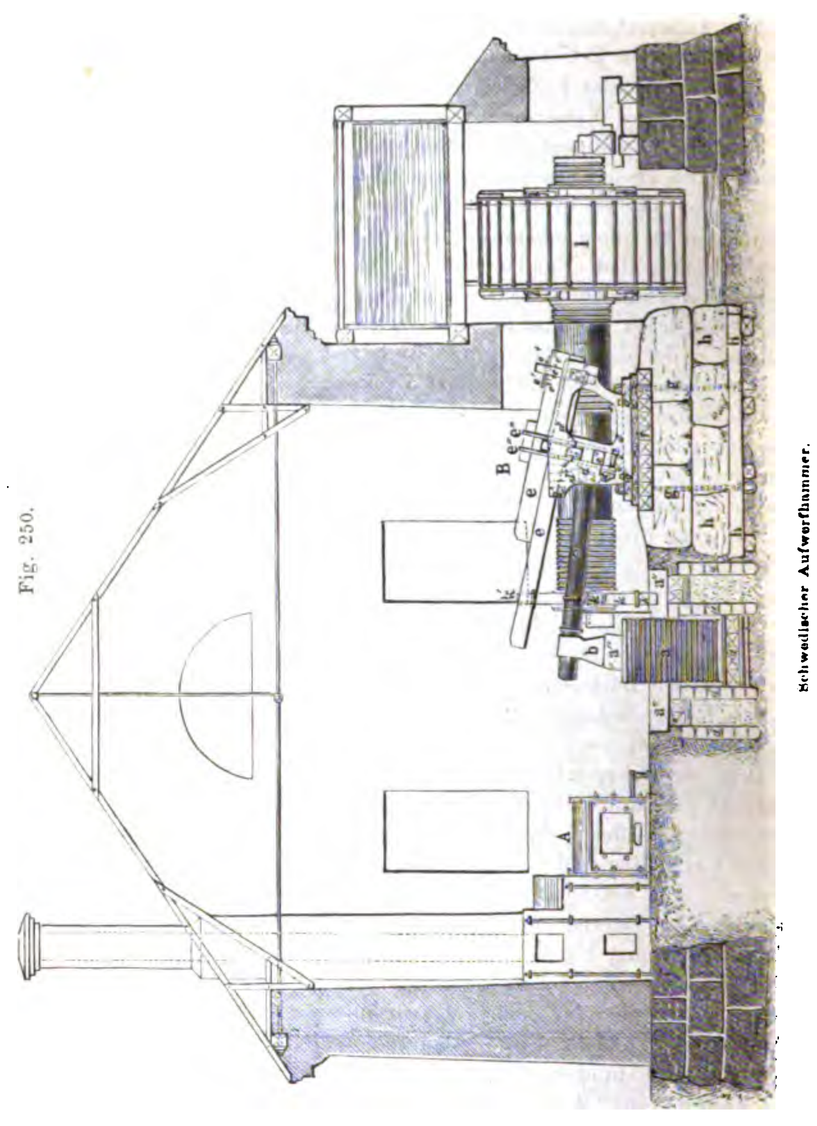


Fig. 250.

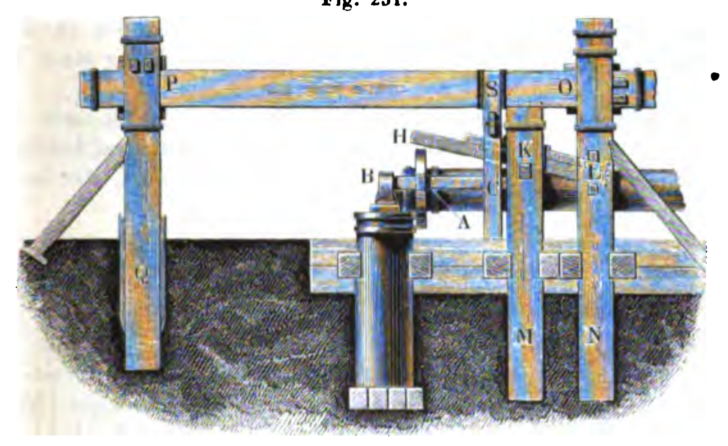
Schwedischer Aufwerfhammer.

Zoll 12 0 5 10 15 20 Fuss schwed.

Decim. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 Meter

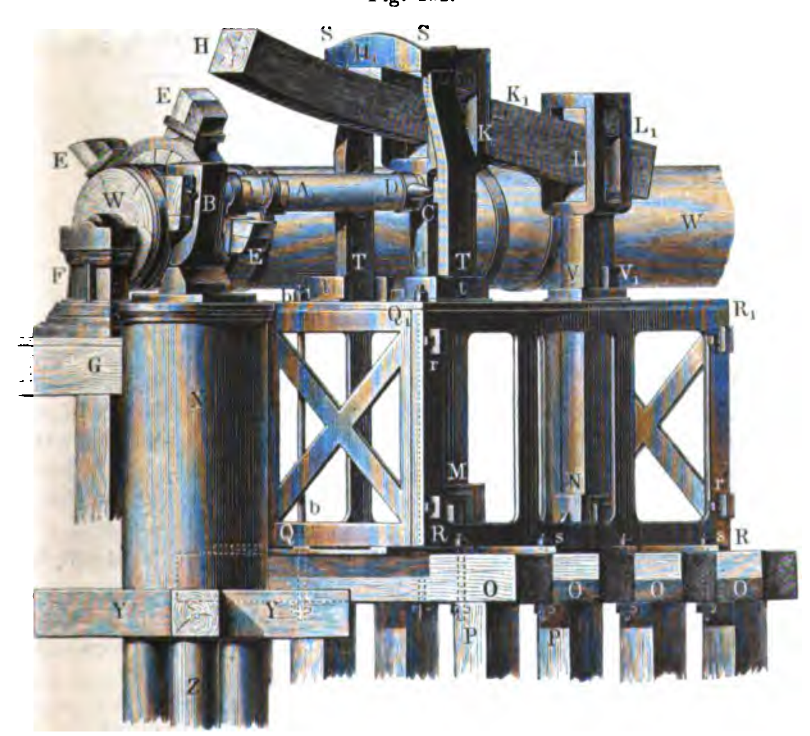
dass an Stelle des Wasserrades zum Umtrieb einer Daumenwelle eine rotirende Dampfmaschine benutzt wird, häufiger dagegen, z. B. in den

Fig. 251.



Schlesisches hölzernes Hammergerüst.

Fig. 252.



Eisernes Hammergerüst.

älteren Werkstätten von Fr. Krupp zu Essen, dass die Kolbenstange eines einfach wirkenden Dampfcylinders direct am Helm angreift. Während hier der Cylinder unterhalb des Helms steht, hat Reveley[1]) hinter dem Hammer einen liegenden Cylinder angeordnet, welcher den durch eine Feder niedergezogenen Helm vermittelst der Geradrichtung eines Kniehebels emporhebt.

Bei den Aufwerfhämmern greifen die Ertel der Regel nach in $^2/_3$ der Helmlänge von der Drehungsaxe aus an. Die Hubhöhe beträgt 52 bis 65 cm, die Anzahl der Schläge 80 bis 120 pro Minute, das Gewicht des Hammerkopfes 200 bis 300 Kg.

Brusthämmer oder Patschhämmer.

Zu der Kategorie der Aufwerfhämmer gehören auch die Brust- oder Patschhämmer, welche der Regel nach das schwerste Gewicht (300 bis 5000 Kg) und eine geringe Hubhöhe haben, auch durch das Fehlen des Reitels karakterisirt sind. Bei ihnen liegt die Daumenwelle rechtwinklig zum Helm. Der Angriffspunkt der Daume wird oft tief unter den Helm gelegt und der letztere, welcher oft aus Eisen besteht, erhält zu diesem Zwecke einen Ansatz (Fuss), welcher mit einem abnehmbaren Streichblech *A*, Fig. 253,

Fig. 253.



Brust- oder Patschhammer.

armirt ist. Der Helm *K* ist am hinteren Ende nach unten verlängert (*C*) und ruht mit dem abgerundeten unteren Theil dieser Verlängerung auf gusseisernen Axenständern *G*. Die Zapfenständer *F* sind mit den letzteren durch starke gusseiserne Streben *L* verbunden. *B* bedeutet den eingesetzten Hammerkopf von kreuzförmiger Gestalt, *H* ist der in der Schabotte *K* befestigte Amboss.

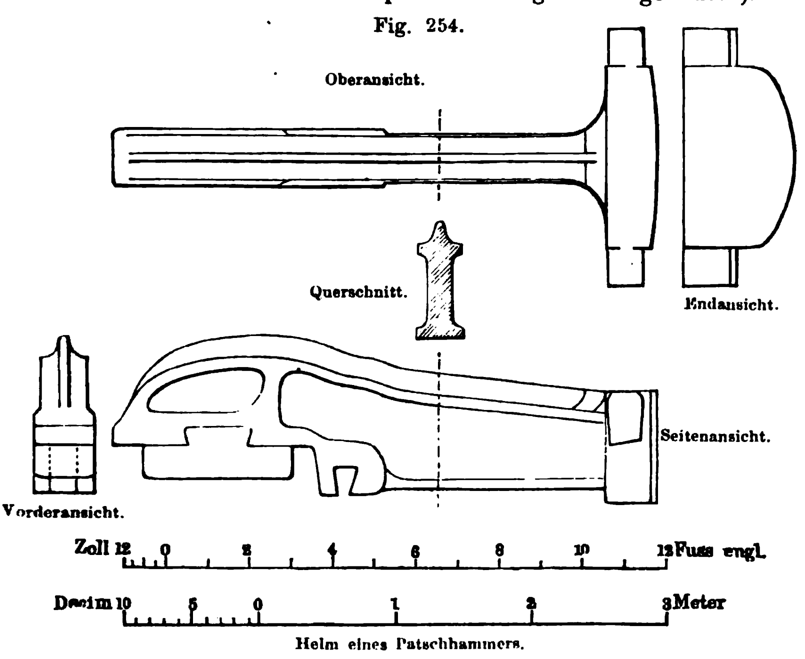
Der dargestellte Hammer hat ein Gewicht von 4000 bis 4500 Kg, einen Hub von ca. 37 cm und macht pro Minute 70 bis 90 Schläge.

Die Hämmer werden zum Zängen von Stahlluppen, ganz besonders aber auch zum Dichten und zum Schweissen von Blechbrammen verwendet.

[1]) Polyt. Centralbl. 1865, S. 505.

Der gusseiserne Helm eines grossen Patschhammers von den Mersey-Stahl- und Eisenwerken bei Liverpool ist in Fig. 254 abgebildet [1]).

Fig. 254.



Helm eines Patschhammers.

Stirnhämmer.

Die Stirnhämmer schliessen sich in ihrer ganzen Anordnung eng an die Brusthämmer an, von denen sie sich im Wesentlichen nur dadurch unterscheiden, dass der Angriffspunkt der Daume über den Hammerkopf hinaus verlegt ist. Fig. 255 (a. f. S.) zeigt einen solchen Hammer in Seiten- und Oberansicht. Der ganze Apparat steht auf einem schweren Holzfundamente *SS*, welches durch Mauerwerk *M* getragen wird. Der Ambosstock ist zu einer Platte *KK* zusammengeschrumpft. Schabotte und Amboss *H* nehmen die tiefste Stellung ein. Die Lagerböcke *G* tragen die Drehaxe *C*, welche mit dem Helme in einem Stücke angefertigt ist. Die Daumen *E* greifen unter die Nase *A*, welche hier nicht die bei den Brusthämmern erforderliche Verlängerung nöthig hat.

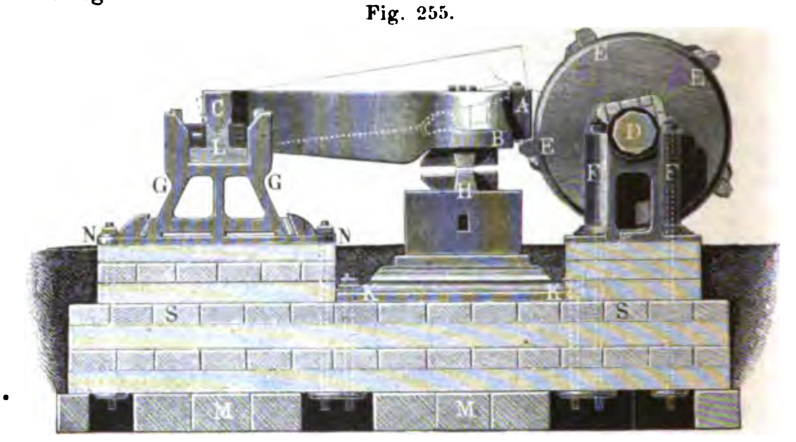
Die Stirnhämmer haben theils zwar hölzerne Helme, in der Regel bestehen aber, wie bei dem Patschhammer, Helm, Hammerkopf (in welchen nur die Hammerbahn eingesetzt wird) und Drehzapfen aus einem Stück

---

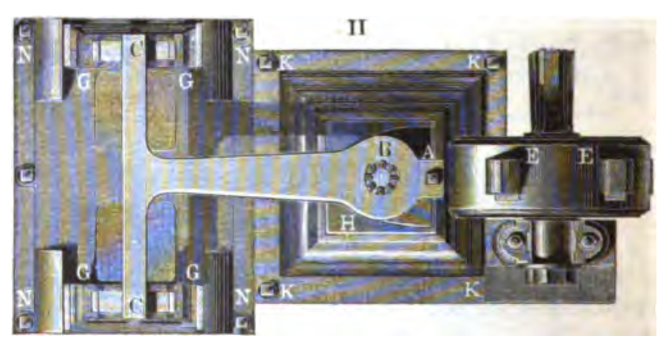
[1]) Während die Schwanzhämmer im Englischen *Tilt-hammers* heissen, werden Aufwerfhämmer und Stirnhämmer zusammen *Helves* oder *Lift-hammers* genannt, die Brusthämmer besonders *Belly-helves*.

Gusseisen, seltener aus Schmiedeisen. Die Hubhöhe beträgt 60 bis 100 cm. die Anzahl der Schläge 40 bis 60 pro Minute, das Gewicht 700 bis 1400 Kg.

Fig. 255.



Stirnhammer (Ansicht).



Stirnhammer (Grundriss).

Der Wirkungsgrad dieser Hämmer kann zu 80 Procent angenommen werden [1]).

---

[1]) Ist G wieder das Gewicht des ganzen Hammers, c die Entfernung des Schwerpunkts von der Drehaxe, b die Entfernung des Schwerpunkts des Hammerkopfs von der Drehaxe, h die Hubhöhe, so ist der für jeden Hub nöthige reine Effect $E = G \, . \, h \, . \, \frac{c}{b}$; bedeutet n die Anzahl Hammerschläge pro Minute, so ist beim Wirkungsgrad 0·8 der von der Kraftmaschine an die Hammerwelle zu übertragende Effect $E_1 = \frac{n \, . \, E}{60 \, . \, 0{\cdot}8}$. Das Verhältniss der Entfernung zweier Daumen zum Bogen, welchen der Daumen während der Hebung des Hammers zurücklegt, wird hier, wie bei allen Helmhämmern zu 2,5 angenommen. (Hauer, Hüttenwesens-Maschin. 2. Aufl., S. 313.)

Ausschmiedung der Schirbeln.

Während zum Zängen der Deule hauptsächlich die Aufwerfhämmer, aber auch alle anderen genannten Arten von Helmhämmern benutzt werden, kommen zum Ausschmieden der Schirbeln zu Stäben der Regel nach bei gröberen Sorten ebenfalls Aufwerfhämmer, bei feineren Sorten Schwanzhämmer, zum Ausschmieden in Blechform fast nur Schwanzhämmer zur Anwendung.

Stabeisen. Die groben Stabeisensorten pflegt man Reckeisen zu nennen, die feinen Zain- oder Krauseisen — letzteres, wenn die Hammerschläge als regelmässig wiederkehrende Furchen darauf sichtbar bleiben —; wenn das Eisen breit, aber sehr schwach ist, heisst es Bandeisen.

Die Form der Hammerbahn richtet sich wesentlich nach der Art des herzustellenden Eisens.

Bei Zängehämmern beträgt

die Länge der Hammerbahn		47	bis	63	cm
„ Breite „ „	vorn	3·9	„	5·2	„
	hinten	2·6 cm.			

Die Ambossbahn ist der Regel nach einige Centimeter länger und ca. 0·6 bis 0·7 cm breiter.

Bei Reckhämmern ist

die Länge der Hammerbahn		31	bis	47	cm
„ Breite „ „	vorn	2	„	4	„
	hinten	1·3	„	2·6	„

Wie bereits erwähnt, soll die Hammerbahn beim Aufliegen auf dem Eisen genau parallel der Ambossbahn sein. Da sich dies indess für jede Eisenstärke ändern müsste, so pflegt man da, wo verschiedene Eisenstärken abwechselnd hergestellt werden sollen, den mittleren Abstand als Anhalt zu nehmen. Beim Berühren der Ambossbahn wird daher selbstverständlich der Hammer bloss vorn aufliegen; man sagt: „Der Hammer geht im Spitz.“ Je breiter die zu schmiedenden Stäbe sind, um so schwieriger ist eine gute Ausführung und um so länger muss zur Vermeidung eines starken Spitzes die Entfernung des Hammerkopfes von der Drehaxe sein.

Hammer- und Ambossbahn müssen genau in derselben Verticalebene liegen. Abweichungen von dem Parallelismus in dieser Richtung erschweren das Glattschmieden (Schlichten) ungemein, obwohl es geschickte Schmiede giebt — oder vielleicht nur gab —, welche das sogenannte Wellenschmieden verstehen, d. h. die Stäbe quer über den Amboss ausrecken können.

Das Ausschmieden des gewöhnlichen Reckeisens geschieht nur nach dem Augenmaasse; das Strecken wird sowohl durch Einfallen der Hammerbahn bei Schräghaltung des Stabes, als durch Einkerbung befördert,

das Gleichmachen (Schlichten) aber durch Parallelhaltung. Die Stäbe werden bald flach-, bald hochkantig geschmiedet, bis sie die gewünschten durch eine Lehre nachzumessenden Dimensionen erhalten haben.

Kommt viel auf äusseres Ansehen an, so werden sie nach dem Schlichten mit Wasser besprengt oder in Wasser getaucht und bis zum Dunkelwerden (kalt) geschmiedet.

Rundeisen wird in Gesenken von quadratischem Querschnitte bei fortwährender Drehung des Stabes geschmiedet, anderes Façoneisen in entsprechenden Gesenken.

Blechschmieden. Das Blechschmieden ist schneller als das Stabschmieden durch das Walzen verdrängt worden, weil der Erfolg gegen das letztere ein sehr ungünstiger ist. Es bleibt selbst für den geschickten Arbeiter eine überaus schwierige Aufgabe, eine Blechtafel überall von gleicher Stärke und dabei ohne Beulen auszuhämmern.

Blechhämmer erhalten oblonge Bahnen, welche nach der Breite etwas convex gestaltet sind; 15 bis 37 cm lang, 2 bis 18 cm breit. Auch hier ist die Ambossbahn etwas grösser als die Hammerbahn und entweder ganz eben oder umgekehrt convex.

Die Hammerschmiede ist im Allgemeinen von den Walzwerken verdrängt worden; wenn sie trotzdem noch hier und da besteht, so hat dies seinen Grund darin, dass einerseits die Art des Frischprocesses die nöthige Zeit für das Ausrecken der Schirbeln ohne Vermehrung der Arbeitskräfte zulässt, andererseits die ganze Anlage der Frischhütte der Regel nach nicht geeignet für die Aufstellung eines Walzwerks, aber sehr bequem für die Einrichtung eines Hammers ist.

Die Ungleichmässigkeit in den Abmessungen ist der grösste, selbst durch geschickte Arbeiter nicht ganz zu vermeidende Uebelstand des Hammereisens gegen das Walzeisen; die Möglichkeit, ja Nothwendigkeit, jeden Theil genau anzusehen und daher Fehler im Schweissen durch Einmengung von Schlacke etc. leicht zu vermeiden oder durch Aushauen zu verbessern, ist ein Vortheil, welcher namentlich beim Stahl nicht unterschätzt werden darf.

Das fertige Hammereisen wird auf äusseres Ansehen untersucht. Es muss scharfkantig, ohne Risse, frei von Aschenflecken (welche durch eingedrückten Glühspan entstehen) sein und Schlag- und Biegeproben aushalten.

Beim langsamen Brechen zeigt das Hammereisen eine dem Kohlenstoffgehalte entsprechende Textur, aber der Bruch ist bei kohlenstoff-

freieren Sorten nicht so sehnig, als wenn das gleiche Eisen durch Walzarbeit hergestellt wird. Ein plötzlicher Bruch (nach Einhauen mit dem Kaltmeissel) zeigt eine körnige, lichtblaue, seidenartig glänzende Textur. Ein weisser, grobkörniger oder blättriger, stark glänzender Bruch ist ein Beweis von Kaltbruch (Phosphorgehalt), eine gleichzeitig gelbliche Farbe deutet auf verbranntes Eisen (Sauerstoffgehalt). Matte, dunkelgraue Stellen rühren von Schlackeneinmengung (Faulbruch) her. Ein dunkler, ungleichartiger Bruch zeigt unzureichende Gare (Rohbruch) an. Ein durch Kalthämmern spröde gewordenes Eisen ist sehr feinkörnig. Rothbruch (Schwefelgehalt) muss am heiss gemachten Eisen festgestellt werden. Tunner fasst die Eigenschaften eines guten Eisens folgendermaassen zusammen:

„Dunkle Farbe und starker Glanz oder lichte Farbe und wenig Glanz beweisen am frischen Bruch ein gutes Eisen. Je härter ein Eisen ist, desto später wird es bei der mechanischen Bearbeitung aus der ursprünglich stets körnigen Textur in ein faseriges Gefüge übergehen, wobei die Fasern nach der Richtung liegen, in der das Ausrecken geschehen ist, und um so feiner und schöner zu sein pflegen, je später sie entstanden sind."

Das Sortiren des kohlenstoffreichen Stahls geschieht neben den Proben in vorgenannter Weise am besten nach der Beschaffenheit in gehärtetem Zustande, weshalb man die Stahlstäbe nach dem Ausschmieden ganz in Wasser zu werfen pflegt.

Rothbruch zeigt sich am leichtesten an einem dünnen gehärteten Stabe, dessen Kanten rauh und rissig werden und in den Rissen Glühspan enthalten, während bei gutem Stahl die Kanten rein von Glühspan und glatt anzufühlen sind.

Der Bruch eines guten Stahlstabs darf keine, leicht an dem gröberen Korn oder an Sehnen erkennbare, Eisenadern enthalten [1]).

Je feiner die Abmessungen sind, zu denen der Stahl ausgereckt wird, um so feiner wird das Korn; unter sonst gleichen Umständen aber steigt die Feinheit des Korns bis zu etwa 2 Proc. mit dem Kohlenstoffgehalte.

Ein harter Stahl erhält beim Einwerfen in Wasser mit hellem Klange feine Sprünge (Hartschricke). An den Trennungsflächen zeigen sich Anlaufsfarben in concentrischen Ringen (Rosen).

Schweissbarkeit, natürliche oder durch Härtung erreichbare Härte etc. müssen durch besondere Versuche festgestellt werden [2]).

---

[1]) Ein eisenädriger Stahl heisst Mock.

[2]) Vergl. Tunner, Stabeisen- und Stahlbereitung.

2. Rohstäbe.

Rohstäbe, Rohschienen, Luppenstäbe oder Puddelstäbe nennt man das aus gepuddelten Luppen dargestellte stabförmige Eisen, welches noch so mit Schlacken gemengt ist, dass eine weitere Verarbeitung erforderlich wird. Die Rohstäbe zeigen daher auch eine sehr unganze, schuppige und rissige Oberfläche. Aus dem Bruche lässt sich sehr gut bereits die Beschaffenheit des Eisens erkennen und man sieht, ob Faulbruch, Rohbruch, Rothbruch oder Kaltbruch, ob grobkörniges, feinkörniges, sehniges oder gemischtes Eisen, ob Schmiedeeisen oder Stahl vorhanden ist.

Die Rohstäbe werden nach ihrer Vollendung gebrochen und sortirt, um darauf zu den verschiedenen Arten von Handelseisen durch Packetirung und Schweissung verarbeitet zu werden.

Die Luppen, welche aus dem Puddelofen kommen, unterliegen zuvörderst einem Zängeprocesse unter Quetschen oder Hämmern, selten gehen sie direct unter das Walzwerk, welches in diesem Falle sich nur dadurch von den Walzwerken zum Ausrecken vorgehämmerter Luppen unterscheidet, dass es für die Aufnahme eines grösseren Querschnitts eingerichtet ist.

Luppenquetschen.

Es giebt auf- und abgehende und rotirende Luppenquetschen. Die ersteren gestatten eine vollkommenere Auspressung der Schlacke, die letzteren erfordern weniger Handarbeit.

Auf- und abgehende Luppenquetschen[1].

Die auf- und abgehenden Luppenquetschen waren früher in Deutschland und in England die allein angewendeten Zängeapparate, sie sind aber jetzt fast überall durch den Dampfhammer verdrängt worden. Die erste Luppenquetsche ist von John Hartop 1805 construirt worden[2].

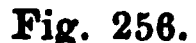
Die einfachste Art der auf- und abgehenden Luppenquetschen ist ein doppelarmiger Hebel, an dessen einem Ende ein Motor vermittelst Kurbel oder Excentrik, auch wohl direct mit der Kolbenstange angreift, während das andere Ende (Maul) zur Bearbeitung des Eisens auf einer festen Unterlage dient. Sowohl das Maul als die Unterlage, der Amboss sind behufs leichterer

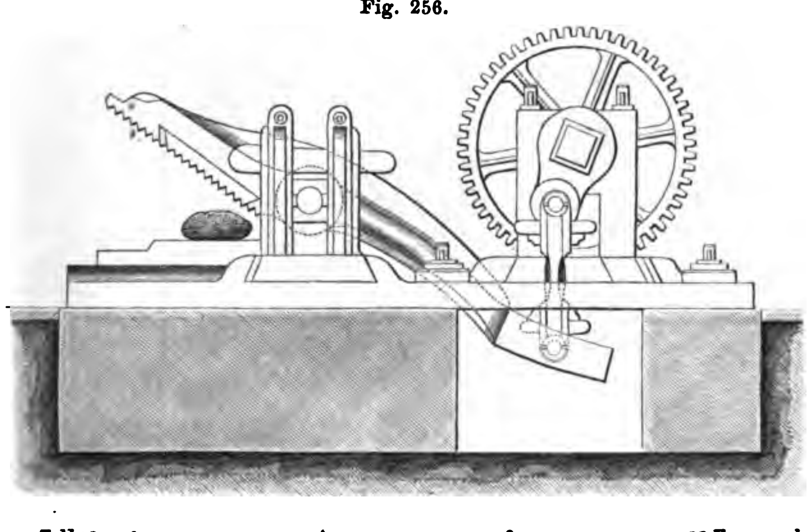
---

[1]) Hauer, Hüttenwesensmaschinen; Percy, Iron; Karsten, Eisenhüttenkunde.

[2]) Patent, 1805, Nov. 7, Nr. 2888.

Erneuerung im Falle von Beschädigungen mit auswechselbaren Platten von Hartguss oder Stahl armirt. Die eingesetzten Pressplatten erhalten

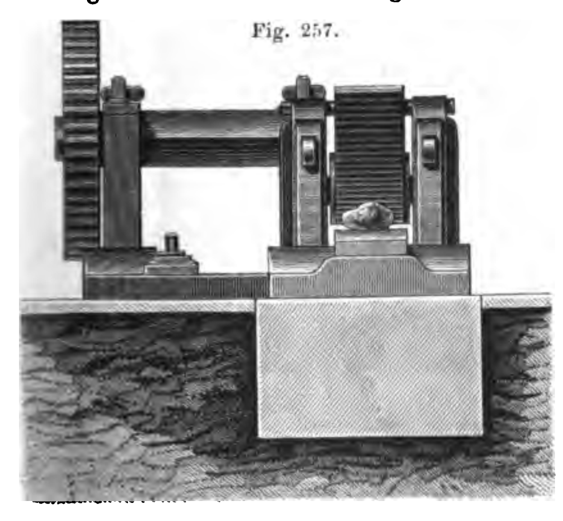

Fig. 256.



Alligatorquetsche (Seitenansicht).

der Regel nach 1 bis 1·2 m Länge und 0·5 m Breite; die Hebelarme werden 1·3 bis 2·5 m lang gemacht und der Hub beträgt selten mehr als 0·25 bis 0·3 m am äusseren Ende der Pressplatten. Um indessen die in Kolbenform zusammengequetschten Luppen auch nach der Längsaxe pressen (stauchen) zu können, versieht man den Amboss an der äusseren Kante mit einer tiefer liegenden Stufe. Die Zahl der Hübe ist durchschnittlich

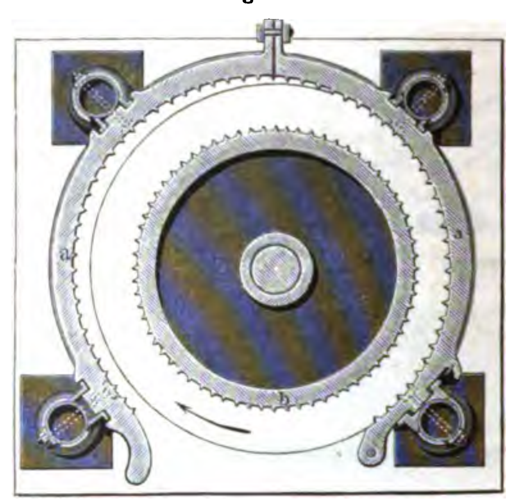
Fig. 257.



Alligatorquetsche (Vorderansicht).

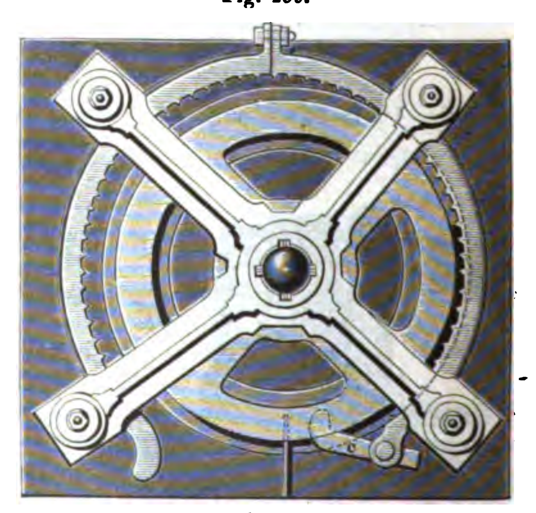
40 bis 50, höchstens 60 bis 80. Eine 10 bis 16 Puddelöfen bedienende Quetsche erfordert 8 bis 12 Pferdekräfte.

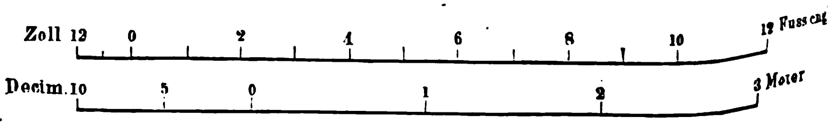
Fig. 258.



Luppenmühle, Grundriss nach *A B* (Fig. 260).

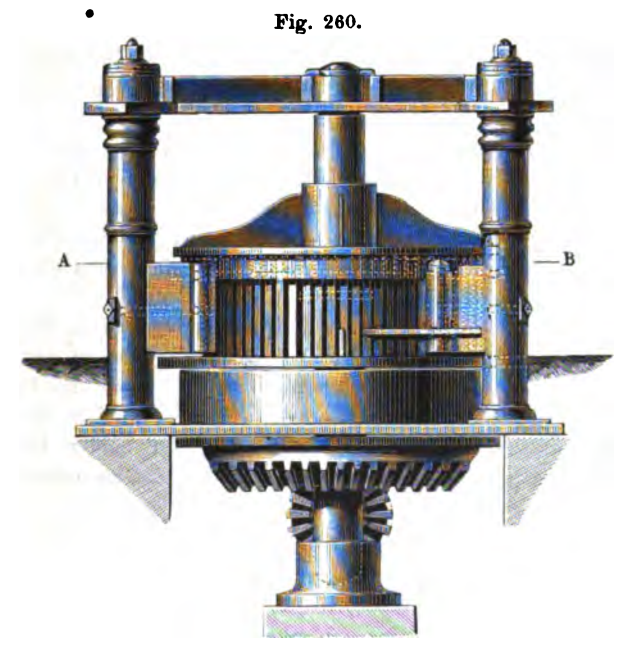
Fig. 259.





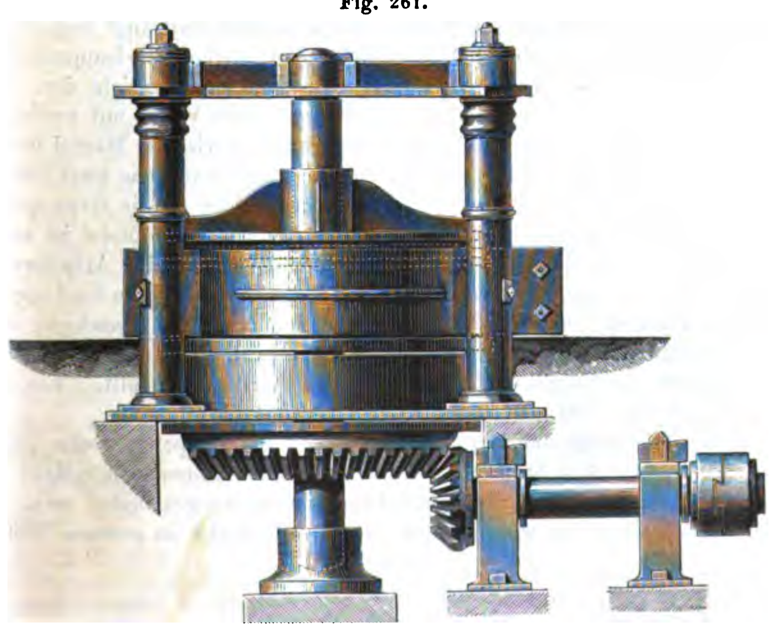
Luppenmühle (Obere Ansicht).

Fig. 260.



Luppenmühle (Vorderansicht).

Fig. 261.



Luppenmühle (Seitenansicht).

In den Figuren 256 und 257 (s. S. 753) ist die einfachste Art von Luppenquetschen, die sogenannte Alligator- oder Krokodil-Quetsche, in zwei Ansichten dargestellt [1]). Der Apparat ist auf dem Bromford-Eisenwerk bei Birmingham in Thätigkeit.

Abgesehen von den bereits erwähnten Abweichungen in Bezug auf den Angriff des Motors finden sich zuweilen noch Veränderungen der dargestellten Construction darin, dass die beiden Arme des Hebels zum Pressen benutzt werden, oder dass ein einarmiger Hebel angewendet wird, der dann die Form eines Dreiecks erhält, an dessen oberem Ende die Kurbelstange des Motors angreift.

Vorgeschlagen ist noch worden, den Amboss durch Federn oder Gegengewichte beweglich zu machen, damit, falls eine zu starke Luppe gepresst wird, in Folge der Nachgiebigkeit ein Bruch des Presshebels vermieden werde. Indessen hat sich diese complicirte Einrichtung nirgends Eingang verschafft. Wasserkühlung der beiden Pressplatten ist ebenfalls vorgeschlagen, auch versucht, aber nur ausnahmsweise angewendet worden.

Luppenmühlen.

Die Luppenmühle ist eine amerikanische Erfindung von Gerard Ralston aus dem Jahre 1840 [2]), hat sich in Nordamerika in grosser Verbreitung erhalten, ist auch nach England und Deutschland verpflanzt, aber hier überall wieder durch den Dampfhammer verdrängt worden.

Die Figuren 258 bis 261 (s. S. 754 u. 755) stellen eine Luppenmühle in Grundriss, oberer Ansicht, Verticalschnitt und Seitenansicht dar. Die Luppenmühle besteht aus einer rotirenden gerieften Walze mit verticaler Axe, welche von einem gleichfalls gerieften excentrischen Mantel umgeben ist. Der Mantel *a* (Fig. 258), welcher der Regel nach aus zwei Hälften zusammengesetzt ist, wird vermittelst starker Bolzen an die Grundplatte befestigt und durch ein starkes eisernes Kreuz gehalten. Meist ist unter dem Kreuze (Fig. 259) eine Platte angebracht, welche den Arbeitsraum ganz oder nur ringförmig überdeckt, um so ein Hervorquellen des Luppeneisens zu verhindern und eine, wenn auch nur schwache Stauchung hervorzubringen. Die Walze *b* (Fig. 258) rotirt in der Richtung des Pfeiles und nimmt die Luppe mit, welche sie zu Kolbenform rollt. Ein Abstreifer *c* (Fig. 259) bringt den Kolben heraus.

Die Nachtheile der Luppenmühle gegen die Luppenquetsche liegen auf der Hand. Ein Stauchen ist nur ganz unvollkommen möglich; die Luppe muss ferner auf bestimmte Dimensionen vorgearbeitet sein, um einerseits gefasst zu werden und andererseits nicht zu grossen Wider-

---

1) Percy, Iron p. 703.

2) Englisches Patent, 1840, Febr. 22, Nr. 8389. Improvements in rolling puddleballs or other masses of iron.

stand zu bieten, die Schlacke ist schlecht aus dem Apparat zu bringen und verunreinigt leicht das gehende Zeug. Es ist ganz auffallend, dass sich dieser unvollkommene Apparat in Nordamerika so lange hat halten können, und diese Erscheinung nur durch die Absicht, Handarbeit zu ersparen, erklärbar.

Luppenmühlen mit horizontaler Axe.

Man hat zuerst in England versucht, den Luppenmühlen eine horizontale Axe zu geben. Schon 1843 nahm George Benjamin Thorneycroft[1]) ein Patent auf eine solche. Sie bedarf nur eines halbkreisförmigen Mantels, der als Trog die untere Hälfte der Walze umschliesst. Vortheil hat sich aus dieser Construction eben so wenig ergeben, als aus einer von Abbot[2]), bei welcher zwei horizontal gelagerte Walzen, von einem S-förmigen Mantel umgeben, über einander liegen, so dass die Luppe zweimalige Pressung erleidet. Eine solche Vorrichtung besteht oder bestand zu Highfield-Eisenhütte bei Bilston.

Zur Ersparung der Handarbeit construirte dann Brown in England eine nur zu complicirte Vorrichtung mit drei Walzen, welche indessen von Interesse ist, weil sie den Uebergang zu den neuesten Luppenmühlen dieser Art bildet.

Dieselbe ist in Fig. 262 u. 263 (a. f. S.) in Ansicht und Querschnitt abgebildet. Sie besteht aus drei symmetrisch angeordneten Zängewalzen *a*, *b* und *c*. Die Walze *b* hat nach aussen zu Spurkränze *d*, um die Stellung der beiden anderen Walzen zu begrenzen. Die Lager der Walzen *a* werden durch Schrauben *ee* von oben her fixirt; die Lager der Walze *c* stämmen sich gegen steilgängige Schrauben *f*, um bei zu grossem Volumen der Luppe nachgeben zu können. Am Kopf dieser Schrauben befinden sich die Getriebe *g*, welche im Eingriff mit dem Getriebe *h* stehen. Letzteres hat vermittelst des mit Gewicht *j* beschwerten Hebels *i* das Bestreben erhalten, sich umzudrehen.

Die Luppe wird eingeführt, wenn Walze *a* und *b* eine solche Stellung einnehmen, dass der grösste Abstand ihrer Mäntel nach links hin liegt. Bei weiterer Drehung gleitet die Luppe in den Hohlraum, den alle drei Walzen bilden, wenn ihr kleinster Durchmesser radial zu dem gemeinschaftlichen Centrum liegt. Mit dem Fortschritte der Drehung wird jetzt beständig der Zwischenraum zwischen den Walzen verkleinert und die Luppe auf Kolbenform von abnehmendem Querschnitt gebracht, bis sie die Stellung *k* (Fig. 263) erreicht hat.

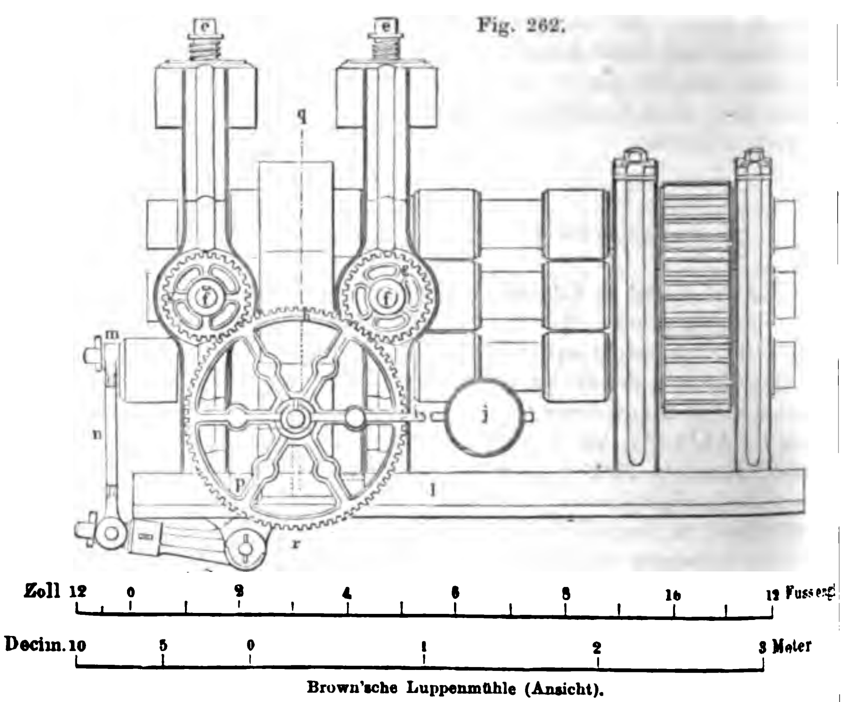
Während dieser Zeit nähern sich die Walzen nur dann unregelmässig, wenn in Folge zu grossen Widerstandes die Schraube *f* zurück-

---

1) A. 1843. Dec. 28, Nr. 9996.

2) James Abbot jun., Richard Handby Thomas, John Young and James Edward Hunt, 1857, Nov., Nr. 1413.

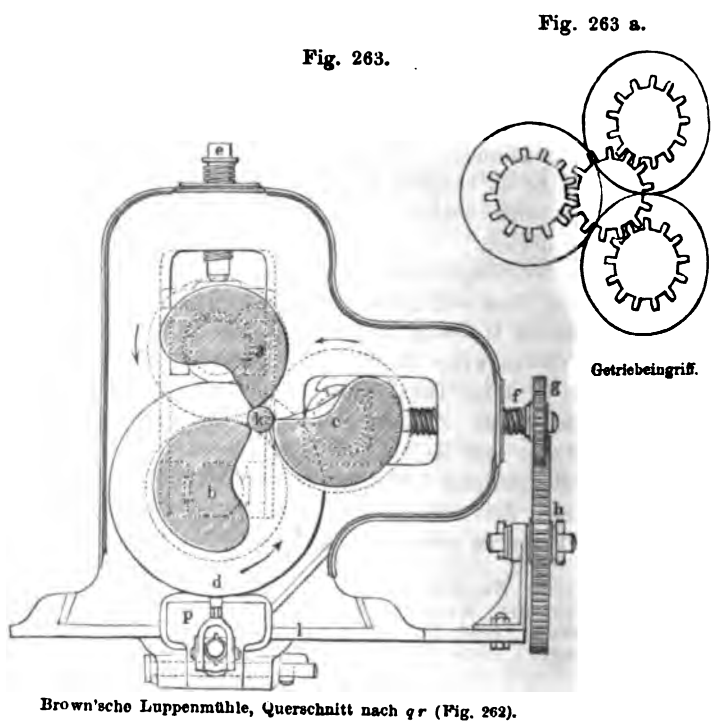
Fig. 262.



Brown'sche Luppenmühle (Ansicht).

Fig. 263 a.

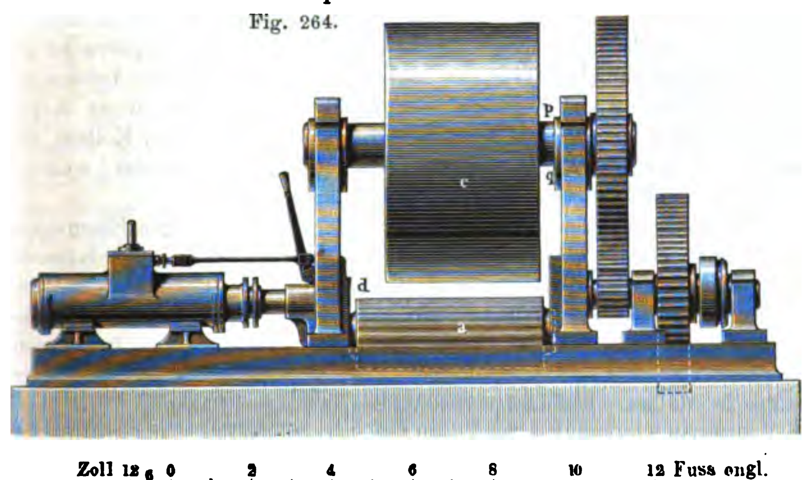
Fig. 263.

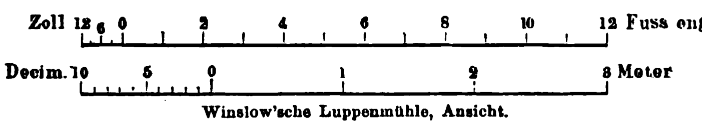


Brown'sche Luppenmühle, Querschnitt nach *q r* (Fig. 262).

gedrängt wird. Um den Eingriff der Getriebe in solchem Falle zu erhalten, sind dieselben, wie Fig. 263 a zeigt, langzahnig. Sobald die Stellung der Fig. 263 durch weitere Drehung überschritten wird, entsteht wieder ein grosser Raum zwischen den Walzen *b* und *c* und der Kolben fällt nach unten auf die Sohlplatte *l* der Maschine.

Fig. 264.





Winslow'sche Luppenmühle, Ansicht.

Fig. 265.



Winslow'sche Luppenmühle, Querschnitt von *pq* (Fig. 264).

An der Axe der untersten Walze ist noch ein Krummzapfen *m* angebracht, welcher vermittelst der Leitstange *n* einen Winkelhebel *op* bewegt, der die Kolben gegen ein an die Sohlplatte angegossenes Eisenstück presst und sie so staucht.

Zu Ebbw Vale in Südwales, wo der Verfasser diese Vorrichtung im Gebrauch sah, hatte man mit ihr noch einen Arm verbunden, welcher die auf denselben gebrachten Luppen selbstthätig zur rechten Zeit den Walzen überlieferte, während die gestauchte Luppe in einen Wagen rollte, der sie zum Walzwerk brachte.

Aus dieser Luppenmühle ist die für die Danks'schen Puddelöfen [1]) jetzt fast überall eingeführte Wins-

---

[1]) Vergl. S. 300.

low'sche Luppenmühle hervorgegangen. Sie ist in den Figuren 264 und 265 (a. v. S.) abgebildet.

Bei dieser Mühle sind zwei längsgefurchte, in gleichem Sinne mit 15 bis 20 Umgängen in der Minute rotirende Walzen *a* und *b* von 0·40 bis 0·60 m Durchmesser und 1·2 m Länge in einer Horizontalebene angeordnet, während eine dritte grössere, den bei der Brown'schen Luppenmühle beschriebenen analog geformte Walze *c* darüber angebracht ist. Die Umfangsgeschwindigkeit der letzteren ist gleich der der beiden anderen. Während des Zängens, oder meist erst, nachdem diese Arbeit vollendet und der grösste Durchmesser der Oberwalzen den Kolben verlassen hat, wird ein Horizontalhammer *d* in Thätigkeit gesetzt, welcher, zwischen die Walzen greifend, die Stauchung ausführt.

Die Abmessungen einer solchen Luppenmühle auf dem Eisenwerke von Graff, Bennet & Comp. in der Nähe von Pittsburgh in Nordamerika sind folgende: Die kleinen Walzen haben 61 cm Durchmesser. Die grosse Walze hat auf $^3/_8$ ihres Umfanges einen Radius von 101 cm, der dann gleichmässig bis auf 61 cm abnimmt. Die Höhe des Tangentendreiecks zwischen den Walzenmänteln beim tiefsten Stande der Oberwalze ist 32 cm. Die Länge der Walzen beträgt 142 cm.

Rammen- oder Rahmenhämmer [1]).

Der zweckmässigste und daher auch am häufigsten angewendete Apparat zum Zängen der Luppen ist der Dampfhammer.

Die Dampfhämmer gehören zu der grösseren Gruppe der Rammen- oder Rahmenhämmer, d. h. derjenigen Apparate, bei welchen der Hammerkopf, welcher hier Fallblock, Bär oder Hammerblock, auch Hammerklotz oder kurzweg Hammer genannt wird, vertical in einer Führung herabfällt und das, wie bei den Helmhämmern, auf einem Amboss befindliche Eisen bearbeitet.

Die Rahmenhämmer haben den Vorzug vor den Helmhämmern, geringen Raum einzunehmen und bei gleichem Gewichte eine grössere lebendige Kraft zu liefern. Bei Helmhämmern war die lebendige Kraft (S. 738) $= Gh\,\frac{c}{b}$, $\frac{c}{b}$ aber stets ein echter Bruch. Bei den Dampfhämmern ist $\frac{c}{b} = 1$, also die lebendige Kraft $= Gh$, wenn G das Hammergewicht, h die Fallhöhe bedeutet.

Man hat zwar ausser den Dampfhämmern zum Zängen noch andere Rahmenhämmer vorgeschlagen, jedoch werden dieselben dazu nur sehr selten angewendet. Da indessen solche Vorrichtungen zum Ausschmieden namentlich kleinerer Gegenstände öfters vorkommen, so mögen sie hier kurz erwähnt werden.

[1]) Weisbach, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, Hauer, Hüttenwesensmaschinen.

Daumenhämmer [1]. Der Hammer wird, wie beim Erzpochwerk (Abth. II, S. 521), an seinem Stempel vermittelst der Daumen einer rotirenden Welle gehoben. Eine Prellung verringert die Hubhöhe. Als Prellvorrichtung dienen Federn, Gummibuffer oder Luftkissen, welche der Regel nach in einem Cylinder über dem Stempel angebracht sind.

Kurbelhämmer [2]. Zum Anheben dient eine Kurbel oder ein Excentrik. Entweder wird durch diese Vorrichtung der ganze Hub ausgeführt, oder der Hammer fällt nach Erreichung des höchsten Hubs frei nieder. Als Prellung dienen dieselben Vorrichtungen, wie bei den Daumenhämmern, am häufigsten aber Gummibuffer. Diese Hämmer werden ganz besonders zum Schmieden von Bolzen, Schraubenmuttern und ähnlichen kleinen Gegenständen benutzt und deshalb auch oft Schmiedemaschinen genannt.

Eng hieran schliessen sich die Federhämmer [3], bei denen der Bewegungsmechanismus mit dem Stempel durch eine Feder von Stahl, Holz oder Gummi verbunden ist.

Frictionshämmer [4]. Zum Anheben wird die Friction zwischen einer oder zwei Rollen und dem Hammerstempel benutzt. Ist der höchste Hub erreicht, so entfernt man eine der Rollen und der Hammer fällt frei nieder. Eine Prellung fehlt meist, doch kommen auch hier zuweilen Federn und Luftkissen vor.

Pneumatische Hämmer [5]. Der Fallblock ist durch eine Kolbenstange mit einem Kolben verbunden, welcher sich in einem auf dem Hammergerüst befindlichen Cylinder bewegt und durch gepresste Luft, welche unter ihn tritt, auch wohl gleichzeitig durch Verdünnung der Luft über ihm gehoben wird.

Hydraulische Hämmer [6], bei denen eine Flüssigkeit, Wasser oder häufiger Oel, als Transmissionsmittel dient und die, wie die vorigen, mit einem Kolben ausgerüstet sein müssen, kommen sehr selten vor. Zu

---

[1] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 321, Annales des Mines 1861, IV. Reihe, 17, Bd. 2, S. 87; Uhland's Maschinen-Constructeur 1870, 3. Bd., S. 322; Dingler's polyt. Journal 133, S. 342 und 188, S. 17; Rittinger, Pariser Ausstellung 1867; Weisbach III, S. 1228.

[2] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 326; Revue universelle Bd. VII, S. 380; Althans, Berg- und Hüttenwesen zu Philadelphia 1876, S. 37.

[3] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 327; Revue universelle 1869, Bd. 25, S. 239; Uhland's Maschinenconstructeur 1875, 8. Jahrg., S. 98; Dingler's polyt. Journal 1874, Bd. 213, S. 194 u. 214, S. 429; Polyt. Centralblatt 1875, S. 93.

[4] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 325; Zeichnungen der Hütte 1855; Polyt. Centralblatt 1855, S. 466; Dingler's polyt. Journal Bd. 155, S. 16; Weisbach, Bd. III, S. 1244.

[5] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 331; Dingler's polyt. Journal Bd. 101, S. 409; Bd. 176, S. 176; Bd. 215, S. 397; Polyt. Centralblatt 1867, S. 8; Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1867, Bd. 15, S. 220; Annales des mines, V. sér., T. VIII, p. 507.

[6] Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 334.

ihnen gehören indessen auch die Presshämmer, welche später genauer beschrieben werden sollen.

Dampfhämmer.

Von allgemeinerer Bedeutung sind unter den Rammen nur die Dampfhämmer. Bei denselben ist der Fallblock entweder durch eine Kolbenstange mit dem Kolben verbunden, welcher letztere sich in einem Cylinder durch Vermittelung von Dampf auf- und abbewegt, oder der Fallblock ist mit einem Cylinder verbunden, welcher sich um einen mit einer Kolbenstange verbundenen feststehenden Kolben bewegt.

Hiernach entstehen zwei Systeme, welche man nach ihren ersten Erfindern als Nasmyth'sches und Condie'sches unterscheidet.

Die erste Erfindung rührt freilich von James Watt selbst her, welcher 1784 bereits die deutlichen Ideen zum Dampfhammer gab[1]. Deverell kam 1806 der praktischen Ausführung schon näher[2], aber erst Nasmyth gab ihm seine wirkliche Form im Jahre 1842. Das Patent des letzteren vom 9. Juni desselben Jahres enthält bereits die ersten Zeichnungen des vollständigen einfach wirkenden Hammers[3].

John Condie erfand seine Construction 1846[4]. Von weiterem Interesse für die Entwickelungsgeschichte sind die Patente von Wilson[5], Nasmyth und Gaskell[6], R. Morrison[7], W. Naylor[8] und W. Rigby[9].

In der Fig. 266 ist ein 750 Kg Nasmyth-Dampfhammer von der Atlas-Hütte zu Sheffield dargestellt, zu dem in den folgenden Figuren einige Einzelheiten gegeben werden. Fig. 272 (s. S. 764) giebt die Grundplatte in Oberansicht, Fig. 268 die Befestigung der Ständer mit Eisen- (*a*) und Holz- (*b*) Keil. Fig. 269 die Zugschraubenbolzen. Fig. 271 zeigt die Seitenansicht der Schabotte und Fig. 270 die Oberansicht des Pfahlfundamentes. Fig. 267 endlich ist der zum Schmieden von Rundeisen benutzte Amboss.

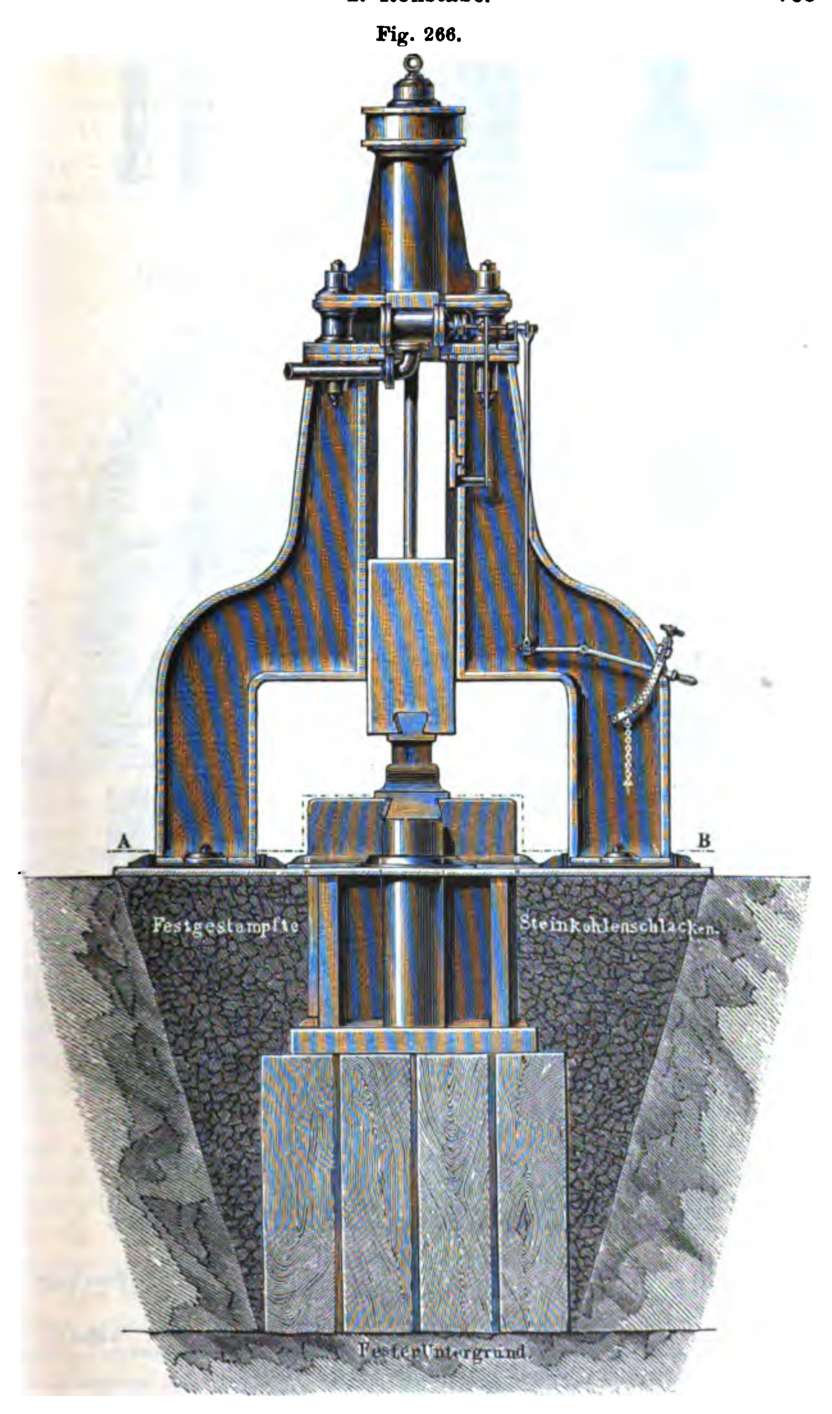
Der Hammerblock hat 750 Kg Gewicht, der Hub beträgt 100 cm. Der Amboss sammt Schabotte hat das Siebenfache des Hammerblockgewichts. Die Grundplatte hat über $5^1/_2$ qm Fläche. Die Schabotte lehnt nicht dicht an diese Platte an, sondern lässt einen kleinen Spielraum frei.

Die Steuerung des Hammers ist so eingerichtet, dass noch Oberdampf gegeben und dadurch der freie Fall beschleunigt werden kann.

---

1) Patent vom 28. April 1784, Nr. 1432.
2) Patent vom 6. Juni 1806.
3) Patente vom 9. Juni 1842 und 4. Januar 1843, Nr. 9850.
4) Patent vom 15. October 1846, Nr. 11411.
5) 26. Juni 1847, Nr. 11767.
6) 23. Februar 1848, Nr. 12074.
7) 6. August 1853, Nr. 1843.
8) 7. April 1854, Nr. 821 und 30. October 1855, Nr. 2419.
9) 3. September 1854, Nr. 25.

Fig. 266.



Nasmyth-Dampfhammer.

Fig. 267. Fig. 268. Fig. 269.

Zoll 12 6 0 1 Fuss engl.

Cent. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 Decim.

Maassstab zu Fig. 267 bis 269.

Fig. 270. Fig. 271.

Fig. 272.

Einzelheiten eines Nasmyth-Hammers.

Zoll 12 6 0 2 4 6 8 Fuss engl.

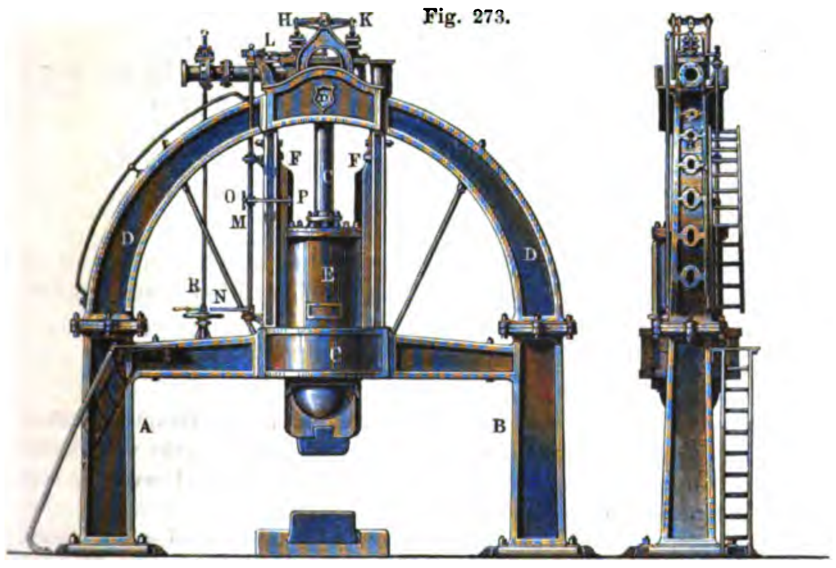
Decim. 10 5 0 1 2 Meter

Maassstab zu Fig. 266 und 270 bis 272.

In Fig. 273 ist ein Condie-Hammer dargestellt.

Die beiden gusseisernen Säulen *A* und *B* sind durch das Querstück *C*, welches in der Mitte ringförmig für den Durchlass des Hammers geformt ist, verbunden und von einem als Gerüst dienenden Bogen *D* überragt. Dieser Bogen besteht aus drei Stücken, deren mittelstes die

Fig. 273.



Condie-Dampfhammer.

Dampfventile und die Kolbenstange trägt. Der Hammerblock ist mit dem Cylinder *E* verbunden. Beide zusammen wiegen hier 15000 Kg. Der Cylinder wird von den Gleitstücken *F* geführt, welche zwischen dem Gewölbe und dem Kreuzstück *C* aufgestellt sind. Die hohle zum Einund Auslass des Dampfes dienende Kolbenstange ist durch Kugelgelenk mit dem Gewölbstück verbunden, damit die Erschütterungen beim Schlage nicht zum Bruche derselben führen. Die Kolbenstange besteht übrigens aus zwei concentrischen Röhren, deren äussere, von oben bis nahe zum Kolben reichend, die Dampfleitung für den Hub bildet, während das innere Rohr, oder die eigentliche Kolbenstange, den Kolben trägt und zur Zu- und Ableitung für den unter den Kolben tretenden Dampf, welcher den freien Fall beschleunigen soll, dient.

Die Einlass- und Ausblase-Ventile *HK* sind an einem gleicharmigen Hebel befestigt, welcher von der Verticalwelle *M* aus bewegt wird. Die Bewegung erfolgt entweder mechanisch durch den Arm *O*, oder mit Hand durch den Arm *N*. Der Arm *O* kann vertical beliebig verstellt

werden. Das Keilstück *L* bewirkt die Drehung der Welle *M*, um den Arm *O* ausser Thätigkeit zu setzen, wenn der Hammer fällt. Diese Bewegung erfolgt durch einen kleinen Dampfcylinder, welcher also als der eigentliche Steuermechanismus anzusehen ist.

Folgendes sind die Hauptabmessungen des vorliegenden Hammers:

Gewicht des Hammerblocks (*G*)	15000 Kg
Hub	2·44 m
Pressung des Arbeitsdampfs	3·65 Kg pro qcm
Arbeitsraum zwischen den Ständern	6·10 m
Ganze Höhe des Gerüstes	9·14 m
Gewicht des Hammergerüstes sammt Sohlplatte.	115000 Kg
Schabottegewicht	90000 Kg,

also das Sechsfache des Hammerblocks.

Die Schabotte hat die Form eines abgestumpften Kegels und ist aus zwei Theilen gegossen. Sie ist vom umgebenden Erdreich und den Fundamenten der Ständer vollständig isolirt.

Man ersieht aus den beiden Beispielen, dass der Hauptunterschied in der Wirkungsweise des Dampfes zwischen den Nasmyth- und Condie-Hämmern der ist, dass beim ersteren der Hebedampf unter, beim letzteren über den Kolben gelangt.

Die meisten Dampfhämmer, welche zum Zängen der Luppen dienen, arbeiten nur mit Hebedampf, d. h. der Hammer fällt lediglich durch sein eigenes Gewicht nieder, den Hebedampf durch das geöffnete Ventil austreibend; es hängt also die auszuübende lebendige Kraft lediglich von dem Hammergewicht und der Hubhöhe ab und da das Hammergewicht nicht geändert werden kann, muss die Hubhöhe verändert werden, wenn die Stärke des Schlages variirt werden soll; jedoch lässt sich das nur in sehr engen Grenzen ausführen.

Sollen Schmiedarbeiten unter dem Dampfhammer verrichtet, oder sollen Flusseisenblöcke gedichtet werden, so bedarf man kräftiger, mehr veränderter Schläge und beschleunigt dann den freien Fall durch Gegendampf, der dann also als Druckdampf wirkt und bei der Nasmyth'schen Construction Ober-, bei der Condie'schen Construction Unterdampf ist.

Eine weitere Variation kann bei beiden Systemen dadurch hervorgebracht werden, dass bei oder vor Einführung des Gegendampfes noch Druckdampf zurückgelassen wird, welcher dann als Dampfkissen oder Prellung dient und bewirkt, dass der Schlag nur momentan erfolgt, weil durch Expansion des Dampfkissens der Hammer sofort wieder gehoben wird.

Sodann kann durch Einführung wesentlich verschieden grosser Kolbenflächen, z. B. Anwendung einer verhältnissmässig starken Kolben-

stange, ein Differentialdampfdruck hervorgebracht werden, wodurch man in die Lage kommt, auf beiden Seiten mit gleichgespanntem Dampf zu arbeiten.

Der Differentialdampfdruck wird wieder auf verschiedene Weise verwerthet. Bei den Hämmern nach Türck'schem System ist beständig gespannter Hebedampf (unter dem Kolben) vorhanden und Druckdampf wird abwechselnd (über dem Kolben) ab- und zugeführt, bei den Daelen'schen Hämmern wird der Hebedampf (unter den Kolben) zugeführt und strömt beim Niedergange in den Druckraum (über den Kolben), wo wegen Mangels der Kolbenstange sich die grössere Druckfläche befindet.

Endlich lässt sich durch Expansion, entweder nur des Hebedampfes, oder gleichzeitig des Druckdampfes noch eine weitere Reihe von Variationen erreichen.

Die Intensität der Schläge eines Dampfhammers lässt sich sowohl durch Vergrösserung der Fallhöhe, als des Hammergewichts vermehren und zwar leichter durch erstere, da die lebendige Kraft dem Quadrate der Endgeschwindigkeit proportional wächst, aber nur im geraden Verhältniss zum Gewichte des Hammers. Trotzdem kann man die Fallhöhe, oder was gleichbedeutend ist, die Wirkung des Gegendampfes nicht beliebig vergrössern. Es zeigt sich in der Praxis nämlich, dass zur besseren Fortpflanzung der Erschütterungen in das Innere des zu bearbeitenden Eisenstücks nur eine Vergrösserung des Fallgewichtes beiträgt. Aus diesem Grunde wendet man zur Bearbeitung sowohl sehr grosser als sehr harter Eisenmassen möglichst schwere Hämmer an, während für das Zängen der weicheren Luppe sich leichtere empfehlen. Diese Eigenthümlichkeit hängt von der Fortpflanzung des Stosses ab, welche der Masse der Körper entgegengesetzt proportional ist.

Nach Hauer [1]) wendet man für kleine (Zänge-) Hämmer zur Berechnung der wirklichen Hubhöhe, welche gleich der Differenz zwischen theoretischer Hubhöhe und mittlerer Stärke des zu bearbeitenden Eisenstücks ist, die Formel $H = 0{\cdot}026\,\sqrt{G}$ Meter an.

Anordnung der Dampfhämmer.

Ständer [2]). Die üblichsten Anordnungen der Dampfhämmer sind den beiden Figuren 266 und 273 S. 763 und 765 analog. Zwei Ständer, an denen die Gleitschienen angebracht sind, tragen die festliegenden Theile des Bewegungsmechanismus, also entweder den Cylinder oder die Kolbenstange direct oder durch Vermittelung eines die Köpfe verbindenden

---

1) Hüttenwesensmaschinen S. 342.

2) Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 447. Revue universelle T. II, p. 451, T. III, p. 112 u. p. 131, T. XI, p. 221. Zeichnungen der Hütte 1859, Taf. 11, 1863, Taf. 2. Uhland, Maschinenconstruction 1872, Bd. 5, S. 113. Dingler's polyt. Journ. 1868, Bd. 189, S. 93.

Brückenbalkens. Die Ständer sind der Regel nach gusseiserne, mit Rippen verstärkte Platten von ungefähr C-förmiger Gestalt im Horizontalquerschnitt. Bei grösseren Hämmern erhalten sie die Form hohler Säulen.

Kleineren Hämmern giebt man nur einen Ständer und erreicht dadurch eine grössere Zugänglichkeit des Ambosses. Solche einseitige oder vorhängende Hammerständer bedürfen wegen des Uebergewichtes einer sehr kräftigen Unterstützung.

Grosse Hämmer, welche ebenfalls eine grosse Zugänglichkeit des Ambosses, etwa wegen des Ausschmiedens langer Gegenstände, verlangen, erhalten gusseiserne Oberconstruction, wie Fig. 273 zeigt, oder einen starken Blechbalken, oder einen Gitterbalken aus Doppel-T-Eisen und Winkeleisen.

Grundplatte. Die Ständer stehen mit ihren Füssen in der Fig. 268 S. 764 angegebenen Art festgekeilt entweder auf einer gemeinschaftlichen oder auf getrennten Grundplatten, welche mittelst kräftiger Anker an dem Fundament befestigt sind und durchschnittlich 10 cm Stärke enthalten. Zwischen ihnen liegt frei die Schabotte. Bei kleineren Hämmern lässt man die Grundplatte wohl auch gleichzeitig die Schabotte tragen, jedoch ist dies keine empfehlenswerthe Construction.

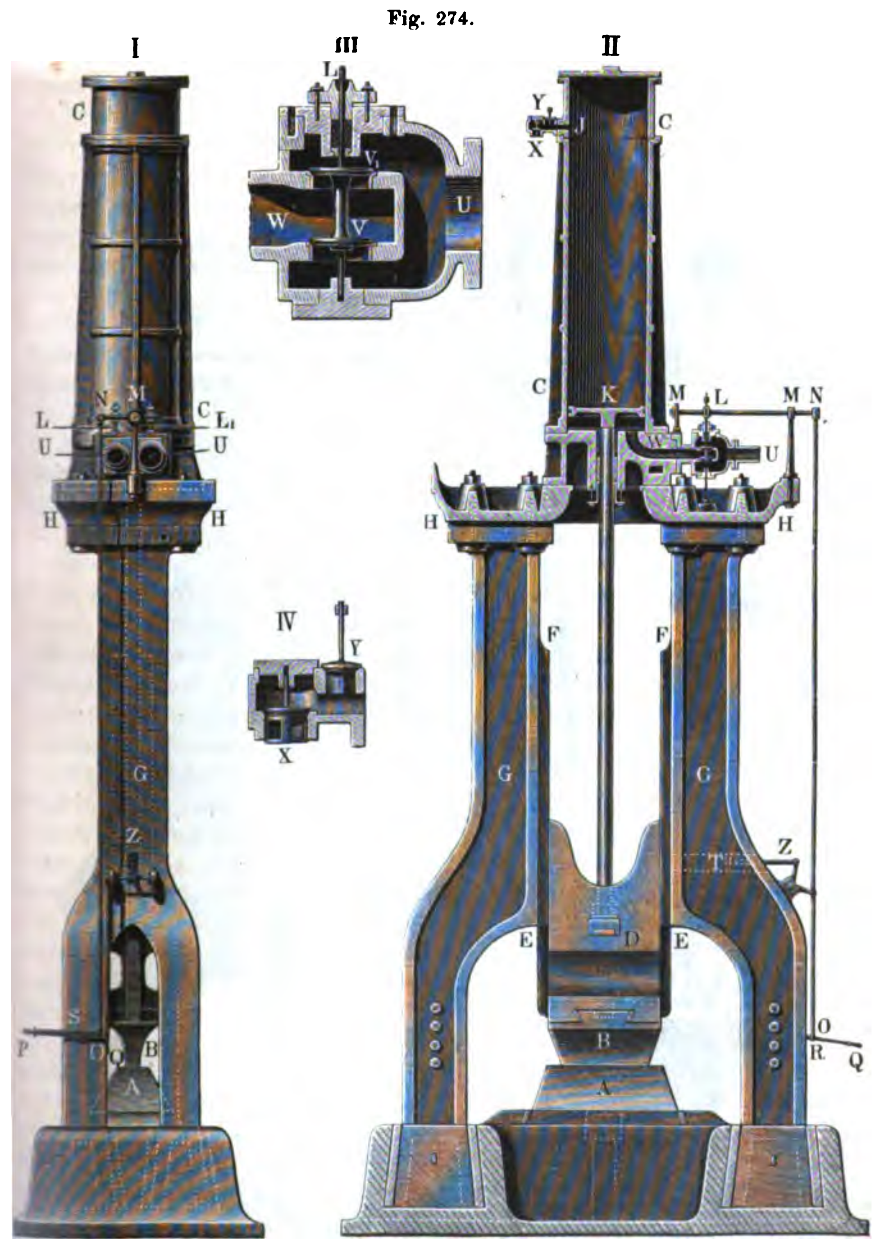
Dampfmaschine sammt Steuerung. Bei Nasmyth-Hämmern (Fig. 274 I und II): Der den Hammer *B* tragende Kopf *D* ist durch Keilverbindung fest mit der Kolbenstange *DK* vereinigt. Er geht zwischen Führungen *EF*, welche an den Ständern *G* festsitzen. Die Kopfplatte *HH* trägt den Cylinder *C*. Der letztere hat einen besonderen mit dem Sicherheitsventil *XY* (Fig. 274, IV) verbundenen Aufsatz, um das Ueberheben zu verhindern. Die dünne Kolbenstange ($^1/_2$ bis $^1/_5$ des Kolbenquerschnitts) *K* geht durch eine lange Stopfbüchse. Die Dampfcanäle sind durch den Cylindersockel *W* geführt. Der Dampf tritt aus dem Rohre *U* zu.

Fig. 274 III zeigt den Durchschnitt der Dampfkammer mit dem Zulassventil VV_1, und den nach dem Cylinder führenden Dampfcanal *W*. Wird das Doppelventil VV_1 mittelst des Stiels *L* gehoben, so strömt der Dampf von *U* nach *V* und V_1, und tritt unter den Dampfkolben *K*. Wird das Auslassventil geöffnet, so entweicht derselbe Dampf. Die Ventilstäbe *L* und L_1 lassen sich von dem Handhebel *PO* aus abwechselnd bewegen. Um den Hammer plötzlich während des Hubes festzustellen, dient hier ein durch den Winkelhebel *Z* beweglicher Keil *T*, welcher vorgeschoben wird.

Bei Condie-Hämmern (Fig. 275, S. 770): Die beiden gusseisernen Ständer *GG* tragen auch hier die Leitschienen des Hammers *EF*. Das Querhaupt *P* dient als Träger der Kolbenstange und Dampfkammer. Die Kolbenstange *LM* ist sowohl über dem Kolben *K*, als in der Dampfkammer mit Seitenöffnungen versehen. Die Steuerung besteht aus zwei Glockenventilen, deren Stäbe *HJ* mittelst Federn an dem gleicharmigen

Hebel f mit dem Drehpunkt O aufgehangen sind. Mittelst des Handhebels N wird noch der im Dampfrohr befindliche, zum Sperren und Re-

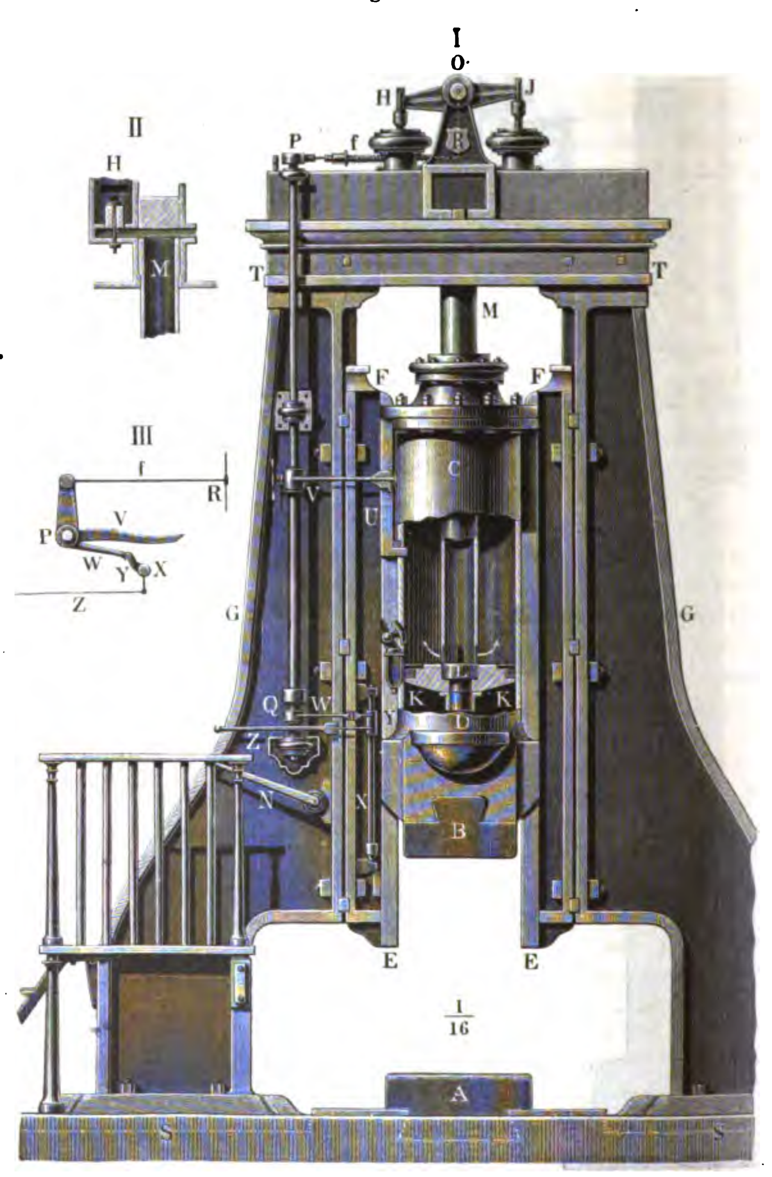
Fig. 274.



Nasmyth-Hammer.

guliren des Dampfzutritts dienende Dampfschieber bewegt. Die Steuerung geschieht durch die Steuerwelle *PQ* und die Steuerstange *PR*. Eine Feder *f* (Fig. 275 I) zieht die Stange *PR* sammt Hebel *OR* von

Fig. 275.



Condie-Hammer.

rechts nach links und hält hierbei das Zulassventil unter H offen, sowie das Auslassventil J verschlossen (vergl. Fig. 275 II). Ist das Drosselventil durch die Hand des Arbeiters eröffnet, so strömt der Dampf durch das Zulassventil in das Innere der Kolbenstange, durch die Löcher L über den Kolben K und treibt den Cylinder C sammt angehängtem Hammerkopf B in die Höhe. Wird dann die Steuerwelle PQ der Kraft der Feder f entgegengesetzt umgedreht, dabei das Zulassventil H geschlossen, das Auslassventil J geöffnet, so strömt der Dampf durch die Kolbenstange zurück in die freie Luft und der Cylinder sammt Hammer fällt. Soll Selbststeuerung angewendet werden, so wird die Steuerwelle PQ durch die Knagge U, welche am Cylinder CD festsitzt, und mittelst eines auf PQ verstellbaren Hebels V soweit umgedreht, dass sich das Admissionsventil schliesst und das Emissionsventil öffnet. Der Dampf strömt ab und der Cylinder fällt. Da aber während dieser Bewegung der Keil U allmälig wieder unter dem Hebel V zurückgezogen wird, so verschliesst die Feder f das Auslassventil J und der Cylinder bleibt schweben. Erst wenn der Keil unter dem Hebel V ganz fortgezogen ist, löst sich eine Sperrvorrichtung und der Hammer fällt auf den Amboss. Neuer Dampf tritt erst ein, wenn die Sperrvorrichtung, welche in Fig. 275 III dargestellt ist, wieder von Hand ausgelöst wird. In dieser letzten Figur zeigt P die Steuerwelle mit dem Arm V und der Feder f, W ist die Sperrklinke, Y der auf der stehenden Welle X befestigte Sperrhaken. Um nach vollbrachtem Schlage den Hammer wieder aufsteigen zu lassen, bedarf es der Auslösung des Sperrhakens mittelst der Zahnstange Z, wonach die Feder f das Einlassventil öffnet. Beim Zurückdrehen der Steuerwelle durch den Daumen U und damit erfolgendem Schluss des Zulassventils fällt auch der Sperrhaken wieder in die Sperrklinke.

Starke Kolbenstangen. Soll Differentialdampfdruck angewendet werden, so wird die Kolbenstange, welche oft hohl ist, zu $^1/_2$ bis $^5/_8$ des Cylinderdurchmessers genommen. Kolben, Stange und Hammer bestehen dann zuweilen aus einem Stücke. Bei den Daelen'schen Hämmern ist in die hohle Kolbenstange eine den Kolben und Hammer verbindende schmiedeiserne Stange eingefügt. Bei Condie-Hämmern ist die Kolbenstange zwar ebenfalls stark, aber da sie immer mit gleichgespanntem Dampfe, wie der Cylinder, erfüllt ist, entsteht aus ihrem ringförmigen Querschnitte nur eine geringe Druckdifferenz.

Abgesehen von der Differentialwirkung haben dicke Kolbenstangen auch noch den Vortheil einer grösseren Stabilität, einmal wegen der sichereren Führung in der Stopfbüchse und das andere Mal wegen des grösseren Widerstandes gegen das Biegen bei schiefem Aufschlage des Hammers. Dagegen ist aber auch die Liderung schwieriger zu erhalten, und aus letzterem Grunde hat man die dicken Kolbenstangen vielfach wieder aufgegeben oder ist wenigstens auf mittlere Dimensionen zurückgegangen.

Die Nasmyth'sche Construction hat sich nicht durch die spätere Condie'sche verdrängen lassen. Die grössere Leichtigkeit, bei einem

etwaigen Bruche der beweglichen Theile eine Kolbenstange im Gegensatz zu einem Dampfcylinder wieder herzustellen, ist wohl die wesentlichste Veranlassung. Weiter ist ein Grund die grössere Leichtigkeit, Variationen in der Steuerungsmethode, namentlich Expansionsvorrichtungen an Nasmyth-Hämmern anzubringen, als dies an Condie-Hämmern möglich erscheint.

Ventilsteuerung ist bei Dampfhämmern jeder Art am häufigsten, jedoch kommen auch, dann entlastete, Muschelschieber vor (namentlich bei Daelen'schen Hämmern), die zuweilen in zwei für Ein- und Auslass getrennt werden. Neuere Hämmer haben Röhrenschieber von der Form eines hohlen Cylinders, welche zweckmässig an Stelle der älteren Drehhähne getreten sind. Endlich finden sich auch Steuerungen, bei denen der Kolben selbst die Dampfvertheilung in die die Cylinderwandung durchbohrenden Zu- und Abführungscanäle besorgt (Schwarzkopff).

Handsteuerung zieht man bei Luppenhämmern, bei denen die Zahl der Hübe und die Stärke der Schläge beständig wechseln muss, vor; bei Schmiedhämmern kann man sich mit selbstthätiger Steuerung begnügen, doch ist es besser, neben der letzteren, namentlich für den Anfang der Arbeiten, Handsteuerung zu haben. Dies gilt jedoch nur für den Aufhub, der Beginn des Falles wird fast ausnahmslos durch selbstthätige Umsteuerung hervorgerufen.

Absolute Dimensionen.

Die Hubhöhe der Zängehämmer wird zu 2 bis 2·5 m gegeben, bei grossen Hämmern kommen Hubhöhen bis 3·2 m, bei kleinen Schnellhämmern solche bis zu wenigen Centimetern hinab vor.

Das Hammergewicht der Zängehämmer beträgt 1000 bis 2500 Kg, grössere Dichthämmer gehen von 5000 bis 15 000, ja selbst bis 50 000 Kg hinauf, Schmiedhämmer bis 150, Schnellhämmer bis zu 50 Kg und selbst noch weniger hinab.

Die grössten Hämmer sind auf den Gussstahlwerken von Krupp in Essen: 50 000 Kg, 3·16 m Hub, ohne Oberdampf, und zu Perm in Russland: 50 000 Kg, 3·2 m Hub, mit Oberdampf.

Die Hubzahl pflegt pro Minute bei Zängehämmern 200 nicht zu übersteigen, bei sehr grossen Hämmern kaum 60 zu erreichen und bei Schnellhämmern auf 400 bis 500 zu steigen.

Amboss und Schabotte, sammt Fundament.

Ein allen Anforderungen genügender Amboss darf weder dem Hammerschlage ausweichen, noch die ihm durch den Schlag ertheilten

Schwingungen in horizontaler Richtung fortpflanzen Beides ist niemals vollkommen, sondern nur annähernd zu erreichen und kann hauptsächlich durch ein möglichst grosses Gewicht, in zweiter Linie durch eine bis auf den festen Boden gehende und von dem benachbarten Erdreich isolirte Fundamentirung erzielt werden.

Wird für das Hammergerüst und den Amboss eine fest verbundene gemeinschaftliche Fundirung angewandt, so hat das zwar den Vortheil, dass bei einem Nachgeben des Grundes, welches kaum jemals ganz zu vermeiden ist, ein gleichmässiges Sinken des ganzen Hammers stattfindet, sich also keinerlei Veränderung der Hubhöhe zeigt und selbst kleine Abweichungen vom Lothe nicht anders, als in der ungleichmässigen Inanspruchnahme der Kolbenliderung und der Stopfbüchsen zum Ausdruck kommen. Aber der Nachtheil, welcher, durch die beständigen Erschütterungen aller Maschinentheile entsteht, ist so sehr überwiegend, dass man es mit Recht, namentlich bei allen schweren Hämmern, vorzieht, Amboss- und Gerüstfundament getrennt anzulegen. Freilich ist eine Vereinigung auf dem gewachsenen Boden, auf dem beiderlei Fundamente ruhen müssen, und durch diesen eine Uebertragung der Erschütterungen nicht zu vermeiden, aber letztere wirken bei gehöriger Tiefe der Fundamente, und namentlich, wenn das Ambossfundament um einige Meter tiefer in den festen Boden geführt ist, weniger empfindlich. Die Schwingungen, welche das Ambossfundament erhält, pflanzen sich im Boden in concentrisch kugelförmigen Wellen fort. Diese Wellen, deren Länge, wie es scheint, von den einmal gegebenen Bodenverhältnissen weit mehr abhängt, als von der Stärke oder der Wiederholung der Schläge, pflanzen sich aber, wenn bis zum gewachsenen Boden Isolirung des Ambossfundamentes vorhanden ist, nur von der Auflagestelle aus fort und treten daher erst in grosser Entfernung vom Hammergerüst und abgeschwächt durch den Widerstand des Erdreichs an die Oberfläche. Es ist sehr interessant, die Knotenpunkte der Wellen zu beobachten. An diesen Stellen ist keine Erschütterung zu spüren, während vielleicht in einigen Schritten grösserer Entfernung vom Hammer eine heftige Vibration wahrgenommen werden kann. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, bei sehr schweren Hämmern zuerst den Hammer zu errichten und in Betrieb zu setzen, ehe man zu den Fundirungen des Hammergebäudes schreitet, welche man nach Möglichkeit in die Knotenlinien der Schwingungswellen zu legen hat.

Gegen den durch den Hammerschlag entstehenden Stoss ist der Amboss nicht als unelastischer Körper anzusehen. Es pflanzt sich mithin die Bewegung in begrenztem Maasse fort, und zwar um so vollständiger, je geringer das Gewicht des Ambosses sammt Schabotte und Fundament ist, wenn diese einen zusammenhängenden Körper bilden. Bestehen diese Theile aber aus einzelnen Stücken, so erhält jedes folgende die Bewegung des darunter liegenden, bis endlich das unterste (ähnlich der

letzten Elfenbeinkugel bei dem bekannten physikalischen Experiment) fortgeschleudert wird, oder hier dem darunter liegenden Erdreich die Erschütterung mittheilt. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, nicht nur die Unterlage des Ambosses, — der selbst wegen der nothwendigen Leichtigkeit des Richtens nicht schwerer ausfallen darf, als dass er leicht durch Hand bewegt werden kann, — sehr gewichtig zu machen, sondern sie auch aus einem oder wenigstens wenigen möglichst grossen Stücken herzustellen. Der Versuch, die Schabotte sammt Fundament ganz unelastisch aus Stein oder Cement aufzubauen, ist bisher stets misslungen, weil die rückwirkende Festigkeit der Materialien nicht hinreichend gross ist, um sie vor Zertrümmerung zu schützen. Erfahrungen zu Bochum wie zu Reschitza haben dies bestätigt.

Man giebt daher stets eine Unterlage oder auch eine Einlage von Holz, welches bald vertical gestellt bei mildem Grunde gleichzeitig als Pfahlrostfundament dienen kann, bald horizontal in einer oder mehreren Balkenlagen angeordnet wird.

Wo hinreichend fester Grund nicht zu erreichen ist, muss als Unterlage stets ein Pfahlrost dienen.

Die Isolirung findet durch Freilassen eines entsprechenden Schlitzes rings um das ganze Fundament und die Schabotte statt. Ist Gefahr des Abbröckelns von Erdreich oder Mauerwerk vorhanden, so wird der Schlitz durch Spundwände oder Blechtafeln geschützt.

Abmessungen und Construction der Schabotte[1]).

Der Regel nach bemisst man in der Praxis das Gewicht der Schabotte sammt Fundament als Vielfaches des Hammergewichts, und zwar bei grösseren Hämmern auf Steinboden, welcher die Erschütterungen gut fortpflanzt, auf das 20- bis 25fache, auf Sandboden, welcher die Erschütterungen sehr wenig fortpflanzt, auf das 10fache; indessen ist es selbstverständlich richtiger, von der lebendigen Kraft des vollen Hubes auszugehen. Ist G das Gewicht des Hammerklotzes sammt Kolbenstange und Kolben oder sammt Cylinder in Kilogrammen, h die Fallhöhe in Metern, so macht man das Gewicht Q der Schabotte bei kleineren Reckhämmern $= 2\ Gh$, bei mittleren Zängehämmern $= 4$ bis $5\ Gh$, bei grösseren Zängehämmern $= 8\ Gh$ und bei sehr grossen Hämmern $= 10$ bis $15\ Gh$ K. Bei dem schweren Krupp'schen Hammer (S. 772) ist das Gewicht der Schabotte $= 10\ Gh$, bei dem Hammer zu Perm trotz Anwendung von Oberdampf (wofür man ca. 30 Proc. zuschlagen sollte) nur $= 4{\cdot}2\ Gh$.

---

[1]) Hauer, Hüttenwesenmaschinen S. 456, Zeitschrift deutscher Ingenieure 1867, S. 355, 1870, S. 94 und 1858, S. 119. Oesterr. Jahrbuch 1854. Schönfelder, Bauliche Anlagen, 2. Jahrg., 1. Lief., S. 17. Polyt. Centralblatt 1873, S. 624. Zeichnungen der Hütte 1859 und 1862.

Um indessen ein Anhalten beim Bau zu haben, welches unabhängig von der Fallhöhe, von der Spannung des anzuwendenden Druckdampfes u. s. w. ist, pflegt man häufig, wie oben angegeben, nur das eigentliche Hammergewicht zu berücksichtigen und nimmt mit ausreichender Sicherheit als Gewicht der Schabotte, dem man das Gewicht des Ambosses und des Fundamentes, soweit es als isolirter Hammerstock auftritt, hinzurechnet, das 25fache an [1]).

Der Beginn der *Fundirungsarbeiten* besteht stets zuvörderst im Aufsuchen des festen Baugrundes oder, wenn dieser nicht zu erreichen ist, im Schlagen eines Pfahlrostes. Auf die geebnete Sohle kommt in beiden Fällen eine Schicht Asphalt, Pech oder Beton. Hierauf folgt der Regel nach nun das Holzkissen, welches den Hammerstock der Helmhämmer vertritt.

In *Oesterreich* pflegt man dasselbe aus aufrecht stehenden Stämmen zusammenzufügen, welche durch starke Eisenbänder umschlossen sind. Zu Neuberg z. B. hat der Dampfhammer von 17500 Kg Fallgewicht und 2·7 m Hub einen aus vier um einen Mittelpfahl concentrisch angeordneten Pfahlreihen gebildeten Hammerstock. Die einzelnen Pfähle sind dicht durch Feder und Nut mit einander verbunden. Schwere (350 Kg) Eisenreifen umgeben den ganzen Stock. Die äusserste Pfahlreihe hat aussen einen kammartigen Vorsprung, um die Lage der darauf kommenden Schabottentheile zu begrenzen.

In *Deutschland* und *England* wählt man mit Vorliebe horizontale Holzlager, welche von zwei bis zu sechs Schichten gekreuzt über einander angeordnet werden. Die jede Schicht begrenzenden beiden Endbalken werden in die darunter liegenden entsprechenden Querbalken verzapft oder mit denselben durch Bolzen verbunden. Die dazwischen liegenden, ebenfalls behauenen Balken liegen frei, aber dicht aneinander geschlossen.

Zuweilen, so z. B. bei dem grossen Dampfhammer zu *Woolwich*, hat man beide Systeme vereinigt und ausserdem zwischen die Stücke der darüber folgenden eisernen Schabotte noch eine Holzschicht eingefügt. Hier bedeckt die Pfahlrostköpfe eine Eisenplatte, auf welche zwei kreuzweis gelegte Reihen horizontaler Balken folgen. Darauf ist ein Hammerstock von verticalen Balken in 0·65 m Höhe errichtet, welcher wieder durch eine Eisen-

---

[1]) Wäre die Unterlage vollkommen unelastisch, so würde die auf das Erdreich übertragene und sich in Erschütterungen kundgebende Arbeitsgrösse gleich sein der Differenz der lebendigen Kraft des Hammers und der zum Schmieden verwendeten Arbeit, d. h.:

$$R = G_1 h - \frac{G_1 G_2}{g(G_1 + G_2)} \cdot \frac{2gh}{2} = G_1 h - \frac{G_1 G_2 h}{G_1 + G_1} = \frac{G_1^2 h}{G_1 + G_2},$$

wenn G_1 das Gewicht des Hammers, G_2 das Gewicht des Ambosses, der Schabotte etc. und des zu schmiedenden Eisenstücks, h die Fallhöhe bedeutet. Ist z. B. $G_1 = 8000$ Kg, $G_2 = 32000$ Kg, $h = 2$ Meter, so wird $R = 320$ Meterkilogr., unter sonst gleichen Umständen bei $G_2 = 60000$, $R = 1882$; $G_2 = 80000$, $R = 1454$; $G_2 = 120000$, $R = 1$ und weiter nur Bruchtheile von 1 Meterkilogr.

platte überdeckt ist. Nun folgt nochmals eine Lage von Eichenbohlen und Filz und auf der diese bedeckenden Eisenplatte ruht endlich die Schabotte.

Dies stückförmige Aufbauen der Schabotte empfiehlt sich aus dem vorher angeführten Grunde indessen nicht, und man hat sich bei neueren Fundirungen schwererer Hämmer mit einer Doppellage gekreuzter Balken (von Eichen- oder Lärchenholz) begnügt, auf welchen dann die eiserne Schabotte ruht. Letztere kann, wenn sie die nöthige Schwere erhalten soll, im Ganzen kaum transportirt werden, und man hat sie deshalb aus drei oder vier auf einander liegenden Gusseisenklötzen von quadratischem oder achteckigem Querschnitt hergestellt. Jeder untere hat einen vorspringenden Rand, um die Stellung des darüber liegenden zu sichern. Richtiger ist es indessen, die ganze Schabotte an Ort und Stelle aus einem Stück zu giessen. Die Form wird hierzu in umgekehrter Lage hergestellt. Das Gussstück erhält zwei Zapfen, deren Axe durch den Schwerpunkt geht. Der Guss erfolgt aus Kupolöfen oder Flammöfen, welche rings um die Fundamentpfeiler errichtet sind [1]).

Die Form ist durch verlorenes Mauerwerk unterfangen, welches nach der Erstarrung des Eisens bis auf die Stützen der Drehzapfen zerstört wird, worauf durch Dampfwinden die Drehung des Gussstückes erfolgt. Man erhält so den dichtesten Theil des Gusses nach oben. Entweder wird sodann das Fundament bis zur Unterfläche der Schabotte aus Stein oder Holz hochgeführt, oder es werden nunmehr auch die Zapfenlagermauern zerstört und die Schabotte bis zur Auflage auf das Fundament gesenkt.

Selten wird auf dem festen Boden oder dem Pfahlrost noch ein Quadersteinfundament aufgeführt, zwischen dessen einzelne Lagen dann wohl auch noch Balken kommen. So ist z. B. zu Perm ein solches Fundament von drei Sandsteinquader-Lagen angewandt, zwischen denen je zwei kreuzweise Lagen von Balken (0·3 m im Quadrat) sich befinden. Letztere sind mit Pech übergossen und mit einer Lage Filz bedeckt [2]).

Es ist schon darauf aufmerksam gemacht, dass sich Beton- oder Cementfundamente wegen des geringen Widerstandes gegen die Zerstörung nicht empfehlen. Zu Bochum klopfte man die ganze aus Cement in einem eisernen Mantel bestehende Schabotte allmälig in Form von Staub heraus. Sandunterlagen, wie bei kleinen Hämmern [3]), sind wohl vielfach vorgeschlagen, aber selten ausgeführt worden. Der Sand wird dann statt in einen Holzcylinder in einen solchen von Eisen gefüllt.

Wenn es schon im Interesse der Erhaltung des Hammers und der Hammerhüttengebäude geboten ist, auf eine Verringerung der Erschütterungen Bedacht zu nehmen, so ist dies auch von Werth, um Einwendungen von benachbarten Anwohnern zu vermeiden.

Die besten Gegenmittel bleiben Herstellung einer schweren, aus

---

[1]) Bei dem Guss der Schabotte zu Perm, welche unten die Form einer quadratischen Säule von 5 m Seite und 1·6 m Höhe hat, oben aber in 3 m Höhe pyramidal auf 3 m Seitenlänge verjüngt ist, waren 14 Kupolöfen thätig.
[2]) Hauer, Hüttenwesenmaschinen S. 462. [3]) Siehe S. 740.

möglichst wenig Theilen bestehenden Schabotte, und einer Isolirschicht zwischen Fundament und benachbartem Boden.

Abweichende Arten von Dampfhämmern.

Zweicylindrige Hämmer. Um den Nachtheil eines schiefen Schlages weniger fühlbar für den Mechanismus zu machen, hat man den Hammer an einem Querhaupte befestigt, welches an jeder Seite von einer Kolbenstange getragen wird. Die Dampfcylinder liegen unten neben der Schabotte (Thwaite und Carbutt[1]) oder an dem Gerüste (Voisin[2]). Solche Hämmer sind complicirt, nehmen einen grossen Raum in Anspruch und haben sich daher keinen allgemeinen Eingang verschafft.

Horizontalhämmer. Um das kostspielige Fundament des Ambosses zu sparen, hat Ramsbottom vorgeschlagen, zwei horizontale Hämmer einander gegenüber aufzustellen und mit ihnen gleichzeitig das dazwischen befindliche Eisen zu bearbeiten. Der Bewegungsmechanismus kann hierbei verschieden sein: Entweder ruhen zwei horizontale Dampfcylinder, welche die Hämmer tragen, auf Wagen und rollen gleichzeitig gegen einander, wobei die Kolben und Kolbenstangen festliegen; oder die beiden horizontalen Dampfcylinder behalten ihre Lage bei, während die Kolben, an deren Stange die Hammerblöcke befestigt sind, gegen einander rücken; oder die beiden Hammerblöcke, welche dann ebenfalls auf Rollen laufen, sind mit Leitstangen verbunden, vermittelst deren sie durch eine unter dem Centrum liegende vertical stehende Dampfmaschine gegen einander geführt werden. Das Eisenstück befindet sich auf einer Kippvorrichtung etwas beweglich angebracht, um bei einem nicht ganz gleichzeitigen Antreffen der beiden Hammerblöcke leicht in die entsprechende mittlere Lage geführt zu werden.

Der Nachtheil der directen Uebertragung aller Erschütterungen auf die Bewegungsmechanismen und der Mangel die Schwerkraft nicht benutzen zu können, sind Umstände, welche den Horizontalhämmern eine weitere Verbreitung verschlossen haben[3]).

Bearbeitung der Luppen.

Die Zängearbeit ist bereits S. 595 besprochen. Es ist dort erwähnt, dass die Erschütterung des Hammers einen günstigeren Einfluss ausübt, als der allmälige Druck der Quetschen. Nimmt man hierzu noch die Möglichkeit, unter dem Dampfhammer die Stärke des Schlages nach Belieben zu reguliren, den Hammer unabhängig von Rotations-

[1]) Dingler's polyt. Journal 1868, Bd. 189, S. 93.

[2]) Revue universelle T. III, p. 131.

[3]) In dem Werke zu Crewe konnte man bei dem stets ruhenden Hammer lange Zeit hindurch ein schwarz angestrichenes Holzstück eingespannt sehen.

maschinen und Transmissionen aufstellen zu können, so ist es erklärlich, dass der Dampfhammer mehr und mehr alle anderen Zängeapparate verdrängt hat.

Die Puddelluppen erhalten sowohl unter den Quetschen wie unter dem Hammer, während sie von der Hauptmasse der Schlacke befreit werden, gleichzeitig die Form eines Kolbens, d. h. eines mehr oder weniger walzenförmigen Körpers. Die Arbeit muss hinreichend schnell geschehen, damit der Kolben ohne nochmalige Erhitzung unter dem Walzwerke zum Rohstabe ausgewalzt werden kann.

Die Luppe wird unter dem Hammer der Regel nach vermittelst einer Zange gewendet, seltener durch einen angeschweissten Eisenstab (Schweif) gelenkt [1]). Es ist hierzu in jedem Falle eine grössere Handgeschicklichkeit erforderlich, als zu dem einfachen Einstecken der Luppen in die Luppenmühle und selbst, als zu der Umarbeitung unter der Quetsche. Die Arbeitslöhne der Hammerschmiede sind daher überall höher als die der Arbeiter an Luppenmühlen und Quetschen. Zudem ist am Hammer noch ein besonderer Maschinist erforderlich. Trotzdem aber sind die Vorzüge des Hämmerns für die Qualität des Eisens so bedeutend, dass eine weitergehende allgemeine Verdrängung der anderen Apparate für den Zweck des Zängens kaum ausbleiben kann.

Umwandlung der gezängten Kolben in Rohstäbe unter dem Walzwerk.

Bei der Umwandlung der gezängten Kolben in Stäbe unter dem Walzwerke ist die Formgebung nicht der alleinige Zweck, sondern gleichzeitig soll auch die Schlacke noch weiter ausgepresst werden. Es wird daher der Kolben zuvörderst ohne Rücksicht auf den zu erzielenden Querschnitt gestreckt und dann erst in die Form eines Stabes mit der Regel nach oblongem, seltener quadratischem Querschnitte übergeführt.

Rohschienen-Walzwerk.

Allgemeine Vorbemerkungen über Walzwerke.

Ein Walzwerk besteht aus zwei in entgegengesetzter Richtung durch einen Motor umgedrehten Cylindern, zwischen welchen das durch die Reibung an den Walzenmänteln mitgenommene Eisen hindurchgeht, dabei seinen Querschnitt in der Richtung des Druckes, d. h. also seine Höhe verringert und seine Länge entsprechend vermehrt. Obwohl die Dichtigkeit des metallischen Eisens nur sehr unbedeutend durch die Walzarbeit zunimmt und obwohl der senkrechte Druck nur einen verhältnissmässig unbedeu-

---

[1]) Vergl. S. 734.

tenden Einfluss auf die Zunahme der Breite des Querschnitts ausübt, wie später erörtert werden wird, so steht doch die Verlängerung des gewalzten Eisens nicht im geraden Verhältnisse zur Verminderung der Höhe, sondern ist wesentlich geringer. Dies hat seinen Grund in einer Volumenverminderung durch Austreibung der Schlacke, für welche man nur durch Erfahrung den Maassstab finden kann. Die Austreibung der Schlacke wird am vollkommensten erreicht, wenn der Druck auf alle Theile des Querschnitts ein gleicher ist. Aus diesem Grunde wird das Eisen zu dem genannten Zwecke nicht zwischen Theilen der cylinderförmigen Walzenmäntel hindurch geführt, sondern durch Einschnitte, welche in die Walzen gedreht sind, halb in der Ober-, halb in der Unterwalze liegen und im radialen Querschnitte annähernd die Form von Quadraten besitzen. Der auf das Eisen vertical wirkende Druck zerlegt sich hier in eine Seitenkraft parallel zur Seite des Quadrats, welche verloren geht, und eine rechtwinklig zur Seite, welche auf Streckung des Eisens, also auf Ausquetschung der Schlacken wirkt.

Da der Eisenkolben durch Reibung zwischen die Walzen gezogen wird, muss die Kraft der Reibung grösser sein, als der Widerstand des Eisens gegen das Zusammendrücken. Die Reibungskraft wird um so grösser, je weniger die Höhe des Eisenquerschnitts von der Entfernung der Walzenmäntel von einander in der Verticalebene der Walzenaxen abweicht; der Widerstand gegen das Zusammendrücken wächst mit der Höhe des Querschnitts. Erreicht die Höhe des Querschnitts die Entfernung der beiden Walzenaxen in der Verticalebene, so kann eine Wirkung überhaupt nicht mehr stattfinden. Es muss also zwischen Höhe des Eisenstücks und Entfernung der Walzenmäntel in der Verticalebene der Walzenaxen stets ein bestimmtes Verhältniss bestehen, mit anderen Worten, es ist nicht möglich das Eisen mit einem Durchgang auf jeden gewünschten Querschnitt zu bringen, es muss vielmehr die Operation des Walzens mehrfach wiederholt werden, bis schliesslich das Verhältniss zwischen Walzenmantelabstand und Eisenhöhe erreicht ist, welches beim letzten Durchgange den gewünschten Endquerschnitt des Eisenstabes herbeizuführen gestattet. Bei jedem Durchgange kann und muss aber der Walzenmantelabstand geringer werden. Dies lässt sich auf zweifache Weise erreichen, entweder, indem nach jedem Durchgange die Walzen einander genähert werden, oder dadurch, dass die Abstände der Walzenmäntel an verschiedenen Stellen ungleichförmig sind, also ohne Aenderung der Walzenlage das Eisen jedesmal an fortlaufend engeren Stellen durchgeführt werden kann.

Zu letzterem Zwecke werden, wie bereits angedeutet, in die im Ganzen cylindrischen Walzen Furchen oder Kaliber von verschiedenen Tiefen eingedreht, welche gleichzeitig eine Begrenzung für das Eisen nach der Breite gestatten und wegen der Ausdehnung desselben in dieser Richtung eine scharfe Ausbildung der Seitenflächen herbeiführen. Die Construction solcher Reihen von Furchen nennt man die Furchung oder Kalibrirung der Walzen.

Schweiss- oder Vorwalzen.

Kommt es, wie bei den Puddelluppenkolben, zuvörderst wesentlich auf Zusammenpressen an, um die einzelnen Eisenkrystalle zu schweissen und die zwischen ihnen enthaltene Schlacke auszupressen, nicht aber in demselben Maasse auf die Form des Querschnitts, welchen das Eisenstück erhalten soll, so ist die Ausübung eines möglichst gleichmässig vertheilten Drucks die erste Bedingung. Da, wie oben hervorgehoben, der volle Druck von den Walzen nur in der Richtung der durch ihre Axen gelegten verticalen Ebene ausgeübt wird, so muss der günstigste Querschnitt der Furche der eines auf der Ecke stehenden Quadrats sein, und die Furchung in der Aneinanderreihung in ihrer Grösse entsprechend abnehmender Quadrate bestehen.

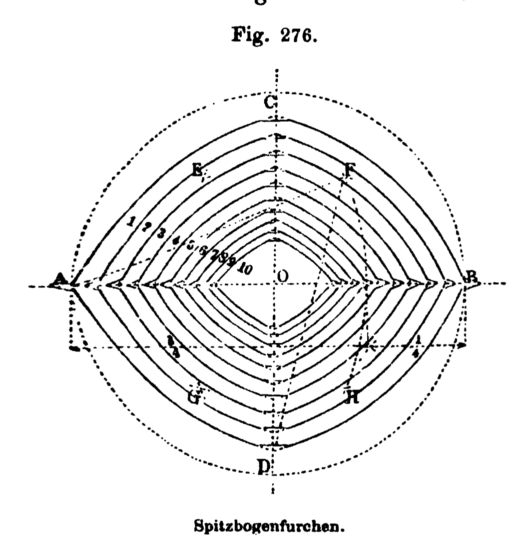
Da bei jedem Durchgange zwar die Höhe der senkrechten Quadratdiagonale entsprechend abnimmt, die Breite aber wächst, so würde bei gleicher Stellung des Eisenstückes für jeden Durchgang die quadratische Furchung überhaupt nicht möglich sein, sondern aus dem ursprünglichen Quadrat allmälig ein Rhombus mit ganz niedriger verticaler und wesentlich vergrösserter horizontaler Diagonale entstehen. Um dies zu umgehen, wird das Eisenstück vor jedem folgenden Durchgange um 90 Grad gedreht, so dass also die Breite des einen Kalibers zur Höhe der folgenden Furche wird, und ferner wird statt des genauen Quadrats ein Rhombus mit etwas grösserer Horizontal- als Vertical-Diagonale gewählt. Dann kann, da jedesmal die Höhe der vorigen Furche in der folgenden zur Breite wird, eine schnelle Abnahme des Querschnitts erfolgen.

Eine weitere Abweichung von der genauen Form eines Quadrats oder quadratähnlichen Rhombus wird durch die auszupressende Schlacke bedingt. Um derselben Raum zu geben, baucht man die Seiten des Rhombus etwas aus, macht sie also concav statt geradlinig. Eine jede solche Furche wird daher durch vier Kreisbogen begrenzt, welche sich in den Ecken schneiden, und es entsteht eine spitzbogige Form, daher auch die Furchen Spitzbogenfurchen genannt werden. Die Furchen sind auf beide Walzen gleichmässig vertheilt und die beiden Hälften stossen an der Berührungslinie der beiden Walzenmäntel zusammen. Zwischen je zwei Furchen bleibt ein Ring aus dem vollen Walzenkörper stehen. Um ein Abbrechen der Kanten dieses Ringes zu verhüten, was leicht durch ausgepresste und hier erstarrende Schlacke geschehen könnte, werden die Kanten dieser Ringe verbrochen. Endlich soll ein Anhaften des namentlich im Anfang des Walzens noch recht lockeren Eisens in den scharfen Spitzen der Furchen verhindert werden, und deshalb werden die Ober- und Unterkanten jedes Kalibers etwas abgestumpft.

So erhält man eine Aufeinanderfolge von Furchen, wie sie in Fig. 270 ersichtlich gemacht ist. Die hier gezeichnete Furchung ist von Daelen angegeben und in halbem natürlichem Maassstabe gezeichnet.

Der Luppenkolben wurde in einen Kolben von annähernd quadratischem Durchschnitt gehämmert oder zu einem solchen von annähernd kreisförmigem Durchschnitte gequetscht. Die Diagonale des ersteren oder der Durchmesser des letzteren giebt das Anhalten für den sogenannten Constructionskreis des ersten Kalibers, welcher einen entsprechenden Durchmesser AB erhält. Auf den beiden rechtwinkligen Durchmessern trage man nun $^7/_8$ der Breite AB als Höhe $OC + OD$ an, schlage Kreise mit $^3/_4$ AB um A, B, C und D, und schaffe so in den Schnittpunkten $EFGH$ die Mittelpunkte für die Spitzbogenkreise, also z. B. für Kreisbogen AD den Punkt F mit dem Radius FA. Die Höhe des ersten Kalibers wird nun gleich der Breite des zweiten u. s. f. Die Abstumpfung der oberen und unteren Ecke geschieht durch einen von der entgegengesetzten Ecke geschlagenen Kreisbogen. Die Erweiterung des Kalibers in der Breite, also die Abstumpfung der sich berührenden Walzenringkanten der Ober- und Unterwalze geschieht auf folgende Weise: $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ des Horizontaldurchmessers wird von den Schnittpunkten der Spitzbogen auf der Horizontalen nach aussen abgetragen, die Hälfte dieser Ausladung über und unter dem Horizontaldurchmesser am Spitzbogen angetragen und durch diese beiden so erhaltenen Punkte ein Kreisbogen gelegt, welcher die Furchenbogen tangirt.

Fig. 276.



Spitzbogenfurchen.

F e r t i g w a l z e n.

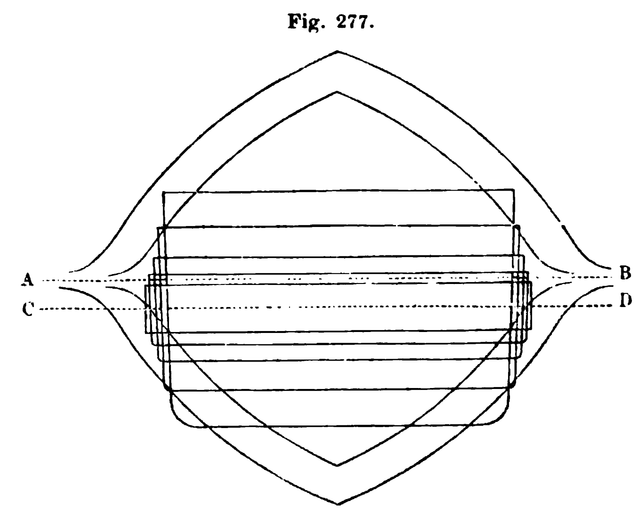
Aus den Vorwalzen, in welchen die Zängung vollendet sein soll und bereits eine ziemlich hinreichende Streckung erreicht sein kann, geht der ungefähr quadratische Stab nunmehr in die Fertigwalzen, wo er die gewünschte Form, meist einen oblongen, zuweilen einen quadratischen Querschnitt erhält. Der Regel nach genügt nunmehr ein Durchgang zur Vollendung. Es brauchte also das zweite Walzenpaar nur eine einzige Furche zu erhalten. Um indessen in den Vorwalzen nicht auf allzukleinen Querschnitt des Eisens zu kommen, lässt man auch hier für geringere Dimensionen eine allmälige Verkleinerung mit Durchgang durch

mehrere Kaliber zu und richtet, um andererseits nicht jedesmal mit den Walzen wechseln zu müssen, sobald ein etwas veränderter Querschnitt verlangt wird, gleichzeitig die Fertigwalzen auf mehrere gebräuchliche Dimensionen ein.

Die Furchen zur Fertigstellung von Quadratrohstäben sind denen der Vorwalzen ganz ähnlich, nur tritt an Stelle des Spitzbogens die gerade Linie. Die Flachkaliber dagegen lassen nicht mehr eine diagonale Stellung der Furchen zu, können daher behufs Erzielung einer scharf begrenzten Form auch nicht mehr, wie jene, in beiden Walzen gleichmässig vertheilt sein, vielmehr werden sie lediglich in eine Walze, und zwar in die Unterwalze, eingeschnitten, weshalb man sie im Gegensatz zu den vorher beschriebenen offenen Kalibern versenkte Furchen nennt. Da nun der Durchmesser der Walzen an den die Furchen oben und unten begrenzenden Flächen gleich sein muss, weil sonst eine Verschiebung der Eisentheile die Folge sein würde, so greift die obere Walze mit entsprechendem vorspringenden Ringe in die Unterwalze ein. Man nennt daher hier die Oberwalze auch Patrizen-, die Unterwalze Matrizenwalze.

Damit das durchgehende Eisen sich leicht aus dem versenkten Kaliber löse, giebt man der Furche einen etwas trapezischen Querschnitt und rundet ausserdem die Ecken ab. Wie sich eine Reihe solcher Flächen an einander und beziehungsweise an das entsprechende Vorkaliber anschliesst, zeigt Fig. 277.

Fig. 277.



Flachfurchen der Fertigwalze.

Aus dieser Figur ergiebt sich, dass die Halbirungslinie oder die Mittellinie der Furchen, AB, nicht ganz mit der Halbirungslinie des Abstandes der beiden Walzenaxen, CD, zusammenfällt. Dies ist nothwendig, um das

Eisen bequem aus der Walze zu bekommen. Bei ganz gleicher Beschaffenheit aller Eisenpartikeln und bei ganz gleichem Durchmesser der Druckflächen einer Furche muss freilich der Eisenstab vollkommen horizontal austreten. Nun aber ist diese gleiche Beschaffenheit nicht immer und namentlich nicht bei diesen rohen Producten vorhanden. Findet in Folge dessen an einer Seite des Stabes eine stärkere Streckung statt, so muss sich der Stab nach der entgegengesetzten Seite krümmen. Es kann dann eintreten, dass er im Bogen über die Walze zurückkehrt, sich zu einem Ringe zusammenschweisst und grosse Unordnung und Störung des Betriebes, ja selbst Bruch der Walzen herbeiführt.

Man giebt deshalb der Oberwalze stets einen etwas grösseren Durchmesser an der Druckfläche, d. h. man arbeitet darauf hin, den Stab nach unten zu krümmen. Vor dem Nachtheil einer solchen Krümmung kann man sehr leicht das Walzwerk bewahren, indem man einen Tisch mit Abstreifmeisseln ansetzt, welche das Eisen verhindern nach unten zu gehen, eine Vorrichtung, welche für die Oberwalzen nur schwer und unter Belästigung für den Walzwerksbetrieb anzulegen sein würde.

Das Flacheisen kann nicht um 90° gewendet werden; man dreht es vielmehr, falls es mehrere Durchgänge nothwendig hat, jedesmal um 180°, daher entsteht die durch die vorstehende Figur verdeutlichte Nothwendigkeit, die Breite jedes folgenden Kalibers grösser als die des vorhergehenden zu wählen.

Anordnung des Rohschienenwalzwerks.

Die Anordnung eines Rohschienenwalzwerks ergiebt sich aus den Figuren 278 bis 280 (a. S. 784 u. 785), welche die Walzvorrichtung sammt Quetsche von Ebbw Vale in Süd-Wales darstellen.

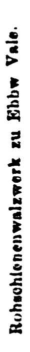
Die Walzen ruhen in Lagern, welche von Ständern getragen werden. Diese Ständer sind in wohlverankerten Grundplatten durch Bolzen und Keile befestigt. Die Walzenständer werden der Regel nach aus Gusseisen hergestellt, aber auch geschmiedet. Sie bilden für die Aufnahme der Lager geeignete Rahmen, welche entweder aus einem einzigen Stücke bestehen, oder eine abnehmbare Kappe erhalten. Letzteres erleichtert wesentlich die Auswechselung der Walzen, verringert aber allerdings auch die Festigkeit. Je zwei zu einem Gerüste verbundene Ständer sind durch Schrauben- oder Keil-Anker zu einem Ganzen verbunden. Die Unterwalze ruht auf ihren Lagern fest auf und bedarf keines Oberlagers. Die Oberwalze wird in der Regel zwar ebenfalls von einem Unterlager getragen, bedarf aber jedenfalls für die Arbeit eines Oberlagers. Das Unterlager der Oberwalze wird durch Bolzen gehalten, dagegen das Oberlager durch eine Druckschraube niedergedrückt. Durch letztere wird gleichzeitig die Hubhöhe bestimmt, falls man der Oberwalze einen Spielraum in der Verticalebene lässt.

Fig. 278.

Vorderansicht.

Fig. 279.

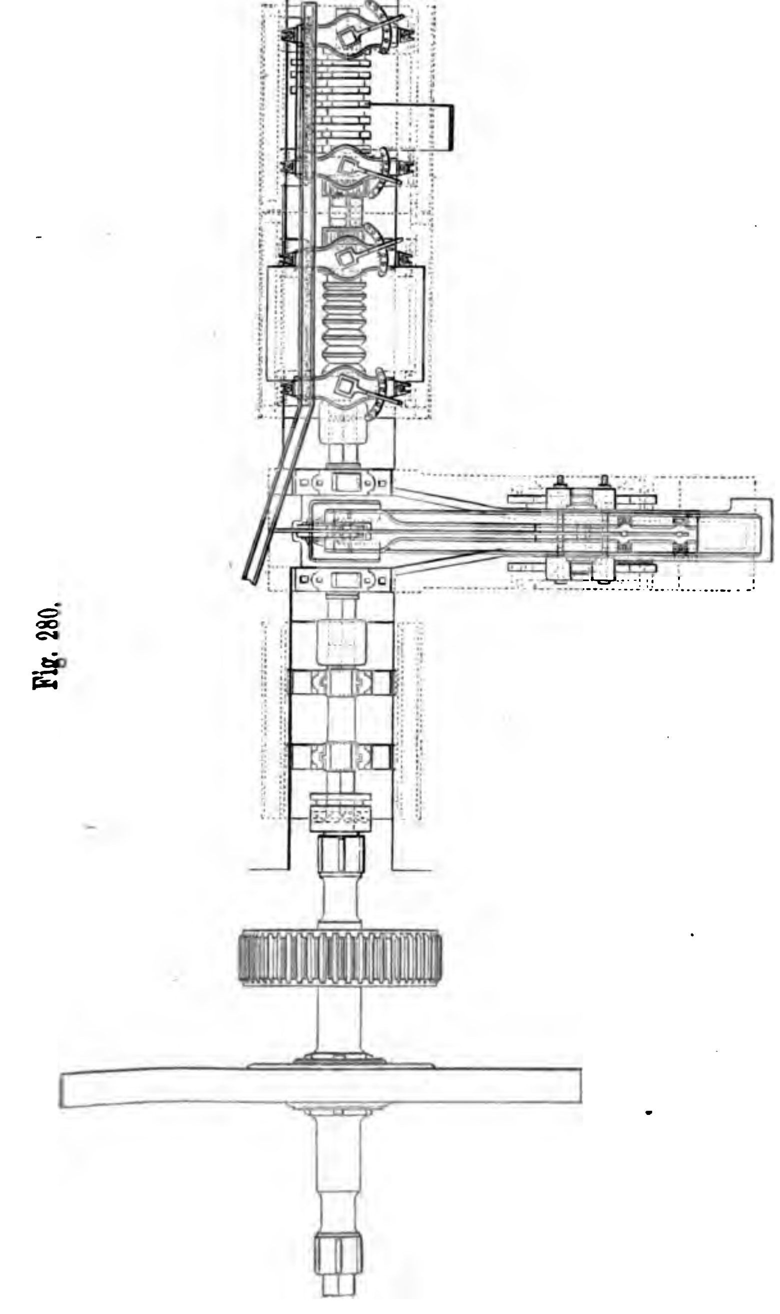
Seitenansicht.



Decim. 10 5 0 1 2 3 4 5 6 Meter

Rohschienenwalzwerk zu Ebbw Vale.

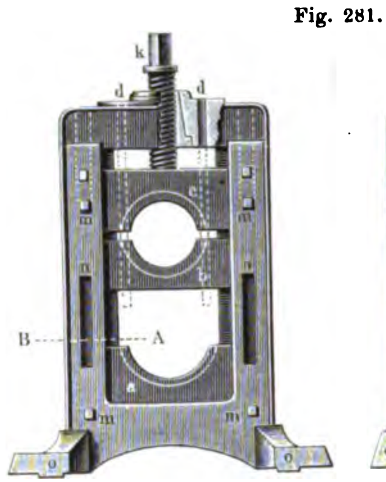
Fig. 280.



Rohschienenwalzwerk zu Ebbw Vale (Grundriss).

In den Figuren 281 und 282 sind die zwei Arten der Rahmen- und der Kappenständer in Ansicht, Aufriss und Grundriss dargestellt.

Fig. 281.



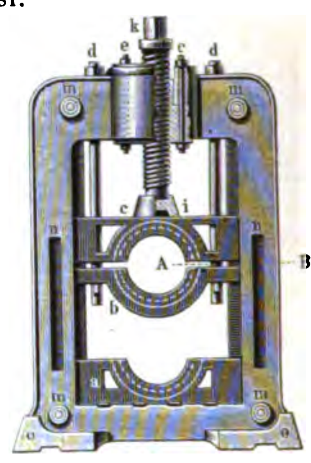
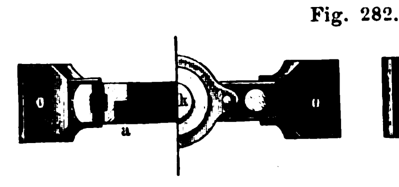
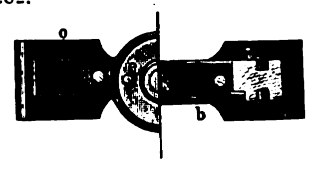


Fig. 282.





Kappenständer. Rahmenständer.

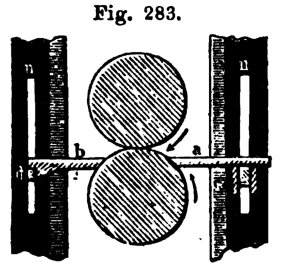
Die Ständer greifen mit den Nasen *O* ihres Fusses zwischen die Leisten der Sohlplatten, an denen sie mit Keilen festgestellt werden; *m* sind die jedes Ständerpaar verbindenden Anker. *a* ist das festliegende Lager der Unterwalze, *b* das durch die Bolzen *d* getragene Unter-, *c* das durch die Druckschraube *k* niedergehaltene Ober-Lager der Oberwalze. Die Bolzen *e* dienen zur Befestigung der Schraubenmuttern in der Kappe des Ständers.

Zur Verlegung des schwächsten Punktes für einen Bruch von den kostspieligen Walzen und Ständern auf einen leicht zu ersetzenden Theil ist der Brechbock oder die Brechkapsel *i* eingeschaltet.

Die mit einer Nut versehenen Lager werden bei Kappenständern entweder von oben auf einer Feder eingeschoben, oder aber, wie dies bei Rahmenständern selbstverständlich stets erforderlich ist, seitwärts eingelegt und durch Schrauben (*t*) befestigt. Eine Einstellungsvorrichtung in der Richtung der Axe ist zwar für die gröberen Producte des Rohschienenwalzwerks nicht erforderlich, für Producte mit sorgfältig herzustellenden Begrenzungsflächen aber unentbehrlich. Diese Horizontalstellung geschieht ebenfalls durch Schrauben.

Die Nuten *n* an der Innenseite der Ständer dienen, wie Fig. 283 zeigt, einerseits zum Befestigen des Walzentisches oder der Walzenbank *a*, auf welcher das Eisen entweder frei oder durch Kästen (Büchsen, Einlässe) geführt zwischen die Furchen der Walzen gebracht wird, und andererseits zur Anbringung der Abstreifmeissel *b*, welche oft nur auf einer Stange *d* aufliegen, während sie am freien Ende von den Walzen getragen werden, besser aber ein besonderes Festlager (welches punktirt angedeutet ist) erhalten.

Fig. 283.



Walzentisch und Abstreifmeissel.

Der Betrieb der Rohschienenwalzwerke geschah früher fast ausschliesslich vermittelst Uebertragung der Bewegung vom Motor auf die Walze durch Getriebe, wie sie auch die Zeichnung Fig. 278 bis 280 zeigt, wird jetzt aber meist direct von der stehenden oder liegenden Dampfmaschine aus bewirkt.

Die Uebertragung der Bewegung findet in beiden Fällen unmittelbar nur auf die Unterwalzen statt, von welchen aus durch Getriebe erst die Uebertragung auf die Oberwalzen, meist am entgegengesetzten Ende des Walzwerks und auf die ganze Reihe der Oberwalzen geschieht. Zuweilen erhält indessen auch jedes Walzenpaar eine besondere Uebertragungsvorrichtung (Fig. 278).

Die Uebertragung von Walze zu Walze in der Horizontalen geschieht (abgesehen von den Oberwalzen im letzten Falle) durch Kuppelungen, welche hinreichend beweglich (universal) sein müssen, um bei den verschiedenen Stellungen der Walzenaxen und auch bei Einlegung von Walzen mit wechselndem Durchmesser auszureichen. Der Regel nach wird daher zwischen die gegenüber liegenden meist kreuzförmig gestalteten Kuppelungszapfen der entsprechenden Walzen ein gleich geformtes Kuppelungsstück eingeschaltet, auf welchem sich Muffen mit kreuzförmigen Hohlräumen befinden. Diese werden über die Verbindungsstellen geschoben und durch eingeschaltete Holzstücke, welche mit Riemen, Eisenbändern oder Draht umschlungen werden, an einer Verschiebung während des Betriebes verhindert.

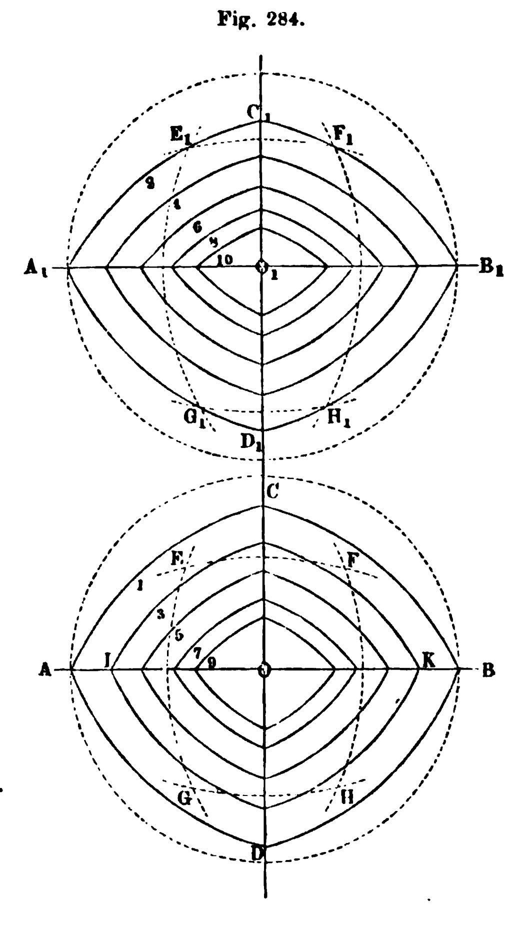
Die durch diese schlechte Uebertragungsweise entstehenden Kraftverluste, sowie der unvermeidliche Lärm, der die Walzwerke der Regel nach schon von weitem kennzeichnet, haben neuerdings die Aufmerksamkeit der Mechaniker mit Recht auf diesen Punkt gelenkt, und es ist zu hoffen, dass die bereits begonnene Verbesserung durch Einschaltung von stellbaren Lagern, Kugelgelenken und dergleichen mehr zu günstigen, allgemein anwendbaren Resultaten führen werde.

Man giebt den Luppenwalzen 0·95 bis 1·60 m Länge, einen durchschnittlichen Durchmesser von 0·47 bis 0·49 m, den Oberwalzen einen um 6·5 mm grösseren Durchmesser — was man Oberdruck nennt — und lässt die Walzen 40 bis 100 Umgänge in der Minute machen. Die Betriebskraft beträgt 30 bis 100 Pferdekraft.

Ueberheben und Rückwärtswalzen.

Das Ueberheben der Stäbe zum wiederholten Durchgange ist nicht allein für die Zeit des Auswalzens, sondern auch wegen der Verminderung der Wärme für das Auspressen der Schlacke von ungünstigem Einflusse. Man hat daher theils eine Umkehrung der Walzenbewegung zur Kürzung der Zeit angewendet, theils statt zweier (Zwillings-, Duowalzen) drei Walzen (Drillings- oder Triowalzen) benutzt. Das zwischen dem unteren Paar durchkommende Eisen geht im letzteren Falle zwischen dem oberen Paare wieder zurück. Diese Einrichtung trägt dann zur Verkürzung der Walzen bei, wenn jede Furche der Mittelwalze zweifach benutzt werden kann. Wegen der Breitung des Eisens ist die Furchung hierfür nicht ganz leicht auszuführen, indessen zeigt das in nebenstehender Fig. 284 dargestellte Daelen'sche System auch, wie man in solchen Fällen zu construiren hat.

Fig. 284.



Drillings-Furchung.

Das erste Kaliber *ABCD* wird in der Weise von der oben angegebenen Construction für Zwillingswalzen abweichend gebildet, dass die Distanz *AB* — *CD* nicht vom Mittelpunkt *O* gleichmässig vertheilt, sondern zu $^1/_3$ in die Unter-, zu $^2/_3$ in die Mittelwalze gelegt wird. Die obere Hälfte *ACB* des unteren Kalibers ist selbstverständlich gleich der unteren Hälfte des oberen Kalibers $A_1 D_1 B_1$, denn beide gehören der-

selben Walze an. Von D_1 aus wird nun für das Kaliber der Oberwalzen $D_1 C_1 = \frac{7}{8} CD$ abgetragen u. s. f.

Bei den Fertigwalzen der Puddelwalzwerke ist ein Drilling nicht erforderlich.

Fertigstellung der Rohstäbe.

Die fertig gewalzten Rohstäbe werden auf eisernen Platten dadurch, dass an jedem Ende ein Arbeiter mit der Zange anfasst und das Eisen aufschlägt, gerade gerichtet, dann durch Abbrechen kurzer Stücke auf den Bruch untersucht, darnach sortirt und entweder auf Lager genommen oder sofort in den anzufertigenden Schweiss-Packeten entsprechend lange Stücke geschnitten.

3. Bearbeitung der Flusseisenblöcke.

Die Flusseisenblöcke werden der Regel nach noch heiss einem Dichtungsprocesse unter schweren Hämmern unterworfen, hierbei sofort in eine dem nachfolgenden Walzprocesse entsprechende Form übergeführt oder auch noch in einzelne Stücke zerschroten. Bei dieser Arbeit ist es leicht, Fehler, wie grössere Blasenräume, abspringende Schiefer und dergleichen mehr, zu entdecken und durch Ausschroten zu entfernen. Darin liegt einer der grössten Vortheile des Hämmerns. Aber diese Arbeit ist namentlich wegen der Nothwendigkeit, sehr kräftige Hämmer anzuwenden, dann aber auch wegen der damit verbundenen bedeutenden Handarbeiten kostspielig, und man hat zuerst in Amerika mit Erfolg versucht, an Stelle der Hämmerung eine Vorwalzung eintreten zu lassen, wobei man wegen der wiederkehrenden Form der Blöcke gleichzeitig die Möglichkeit gewann, statt der Handarbeit ganz mechanische Leistung einzuführen.

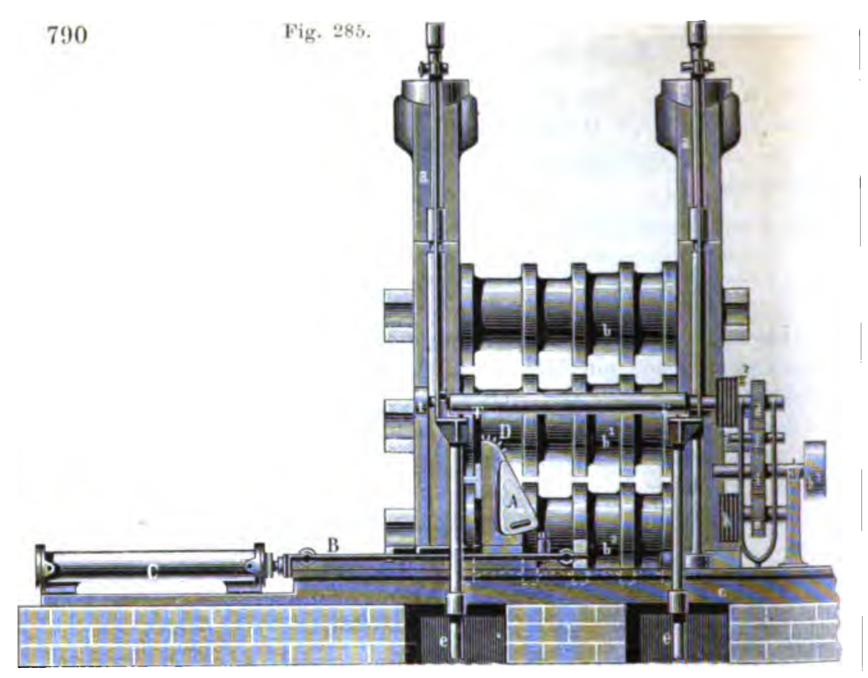
Hierzu ist von dem Amerikaner Fritz eine sehr geniale Vorrichtung ersonnen, welche von Holley mehrfach verbessert wurde.

Fig. 285 (a. f. S.) ist eine Vorderansicht des für Trio-Walzensystem bestimmten Tisches, Fig. 286 (a. f. S.) eine Seitenansicht, Fig. 287 (a. S. 791) der Grundriss.

Fig. 288 (a. S. 792) zeigt in grösserem Maassstabe die Bewegungsvorrichtung für die den Block vorschiebenden Walzen, Fig. 289 (a. S. 793) eine Seitenansicht der Transmission und Fig. 290 (a. S. 794) eine Vorderansicht des Transmissionsgerüstes.

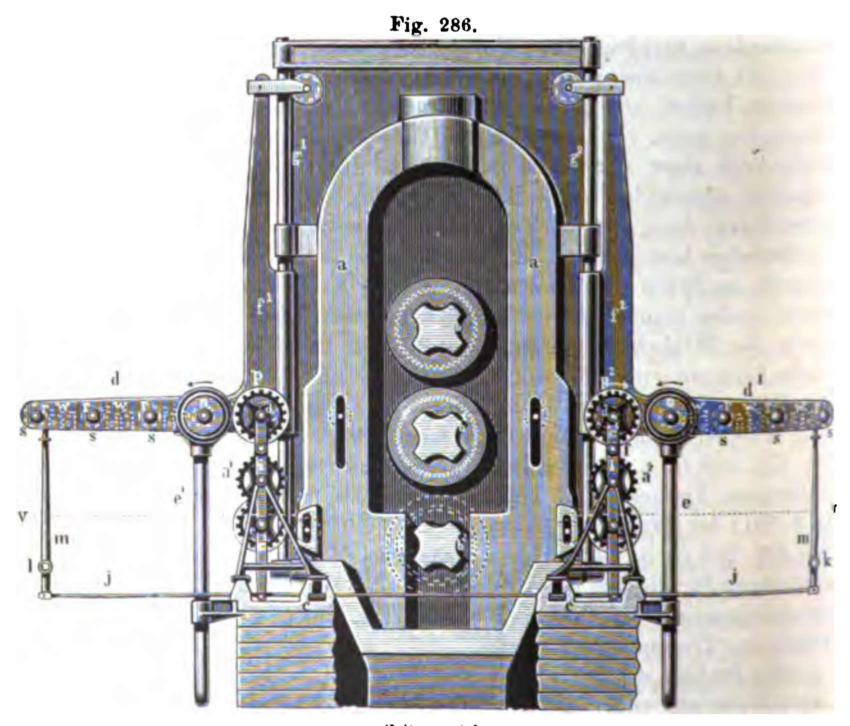
Die Ständer *aa* tragen die drei Blockwalzen *b*, b^1, b^2 in gewöhnlicher Weise und ruhen auf den Grundplatten *c*. Unter- und Oberwalze

Fig. 285.



Vorderansicht.

Fig. 286.

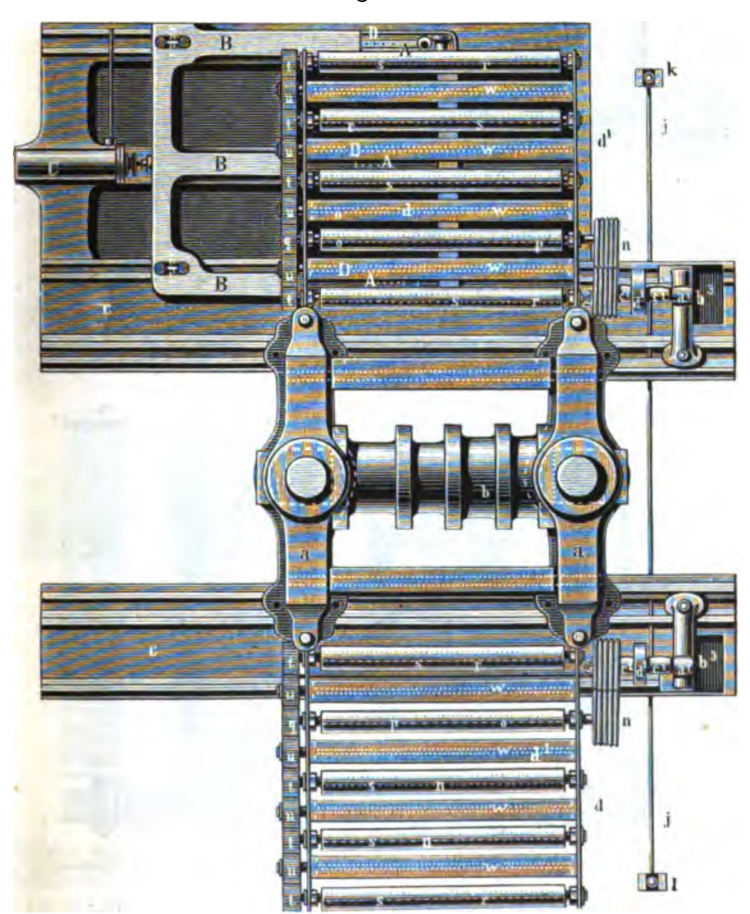


Seitenansicht.
Blockwalzwerk

sind vertical in den Ständern beweglich, während die Mittelwalze fest liegt. Jedoch kann auch das umgekehrte Verhältniss gewählt sein.

Die Zufuhr- oder Speisetische d und d^1 werden durch hydraulische oder Dampf-Cylinder vermittelst der Kolbenstangen $e e^1$ gehoben und gesenkt und von den Armen $f^1 f^2$ und Führungen $g^1 g^2$ geleitet.

Fig. 287.



Blockwalzwerk (Grundriss).

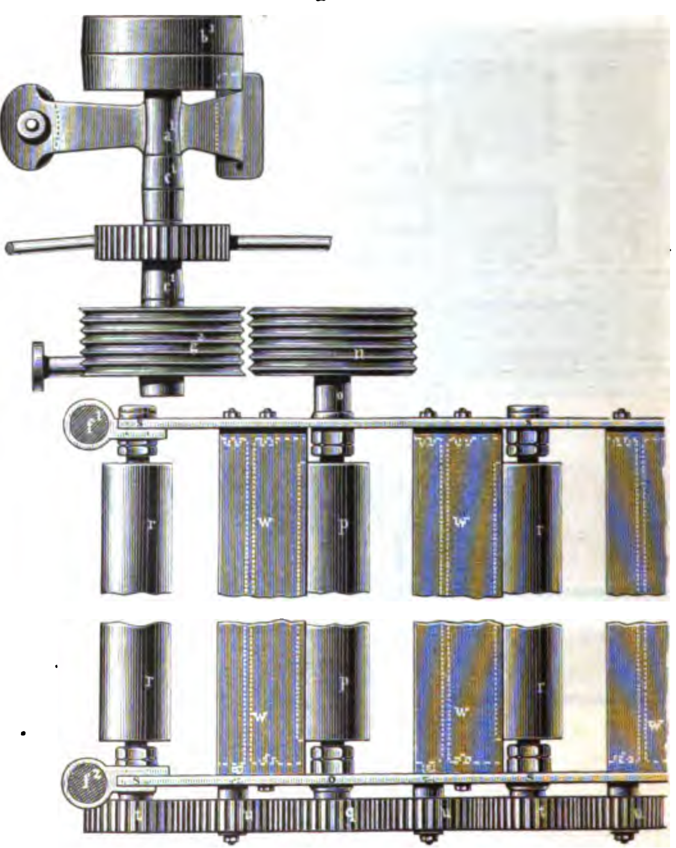
In der Zeichnung sind $a^1 a^2$ die durch die Riemscheiben b^3 vom Walzwerk aus in der Richtung des Pfeiles (Fig. 286 und 289) getriebenen Wellen.

Dies ist noch heute die Anordnung zu Cambria-Hütte, wo der Tisch zuerst erfunden und angewendet wurde. Später hat man es mit Recht vorgezogen, eine besondere kleine Bewegungsmaschine anzuordnen, da doch ein Arbeiter zur Umsteuerung nöthig ist.

Auf die Wellen $\alpha^1 a^1$ sind die Arme c^1 (Fig. 290) aufgekeilt. Sie tragen die Transmissionsräder *d*, *e*, die Losräder *f* und die Frictionsräder g^2, *h*, wie auch die Figuren 285, 286, 289 und 290 zeigen.

Statt der Frictionsräder sind häufig auch Zahn- (Planeten-) Räder gewählt.

Fig. 288.



Blockwalzwerk (Bewegungsvorrichtung für den Block, Oberansicht des Tisches).

Die Triebräder *i* sind fest auf der Welle a^1, und in Folge dessen treiben die Räder *d*, *e*, *f* die Frictionsräder g^2, *n*, *o* in der Richtung der Pfeile (in Fig. 286).

Die Arme c^1 sind durch die Stange *j* mit den Wellen *k* und *l* verbunden, auf welche die Hebel *m* aufgekeilt sind. Die Frictionsräder *n* sind fest auf den Wellen *o* der Speisetische, auf welchen auch die Speisewalzen *p p* und die Zahnräder *q q* fest sitzen. Die anderen Walzen *r* auf den Speisetischen sind fest auf den Wellen *s*, ebenso wie die Zahnräder *t*, welche sowohl unter einander, als mit den Zahnrädern *q* durch die Los-

räder *n* so verbunden sind, dass, wenn die Wellen *o* sich in einer Richtung umdrehen, alle Speisewalzen des Tisches in derselben Richtung umgehen. Die Umdrehung dieser Walzen wird durch Eingriff der Frictionsräder *n* mit den an den Armen c^1 befestigten Frictionsrädern bewirkt, was vermittelst der Hebel *mm* von jeder Seite des Walzwerks aus geschehen

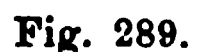
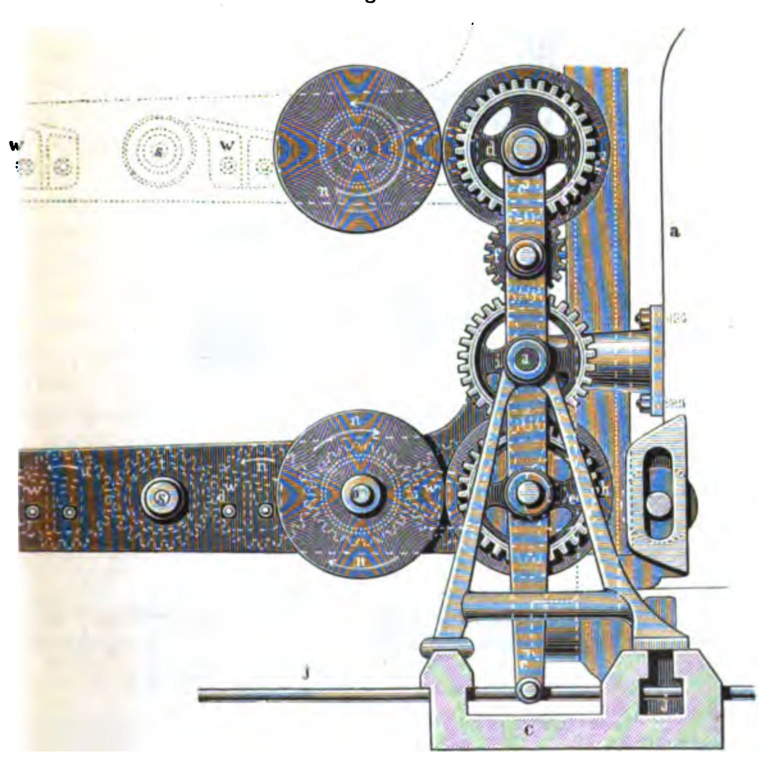


Fig. 289.



Blockwalzwerk (Bewegungsübertragung).

kann, falls nicht dafür an der besondern Bewegungsmaschine ein eigener Mechanismus angeordnet ist.

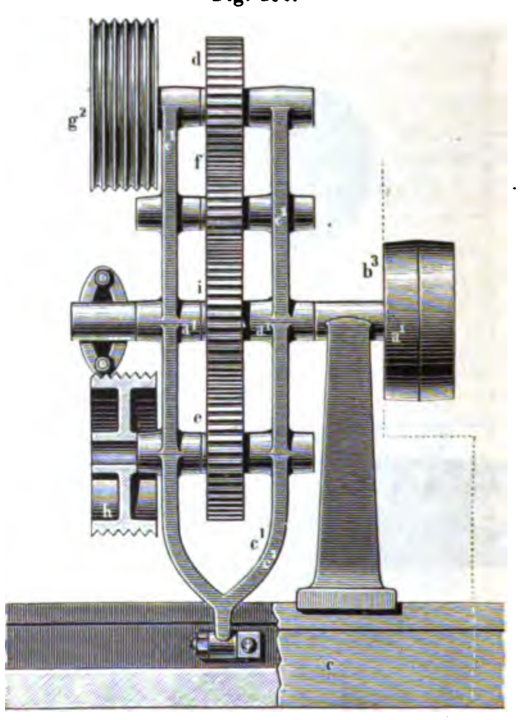
Die Speisewalzen *r* (Fig. 286 bis 289) sind an beweglichen Tischen angebracht, welche abwechselnd den zu walzenden Block heben und senken, d. h. ihn von der Stellung, welche in Fig. 286 durch die Linie *vv* angedeutet ist — eine Linie, die mit den unteren Kalibern correspondirt — zu der gezeichneten Stellung derselben Figur bewegen, welche für die oberen Kaliber passt (vergl. auch Fig. 289).

So wird der Block abwechselnd auf jeder Seite eingeführt und auf dem entgegengesetzten Tische soweit fortgeleitet, als nöthig ist, um den letzteren ohne Störung heben und senken zu können.

ww (Fig. 288) sind Platten, welche die Walzen vor Verletzung schützen, wenn das Stück sie verlässt.

Die Operation ist also folgende: Ist der Block auf den Fronttisch d^1 mit den Speisewalzen *p* und *r* gelegt, während der Tisch in seiner untersten Stellung (Fig. 286) sich befindet, so wird vermittelst des Hebels *m* das

Fig. 290.



Blockwalzwerk (Vorderansicht des Transmissionsgerüstes).

beständig umgehende untere Frictionsrad *h* in Contact mit dem Frictionsrade *n* gebracht, welches nun alle Speisewalzen dieses Tisches in Bewegung setzt. Der Block gelangt dadurch zwischen den Walzen b^1 und b^2 hindurch auf den Tisch *d*, welcher sich ebenfalls in der tiefsten Stellung befindet. Die Speisewalzen desselben sind durch den Hebel *m* in gleicher Richtung in Bewegung gesetzt, so dass der Block, auch nachdem er die Walzen verlassen hat, so weit als nöthig weitergeführt wird. Nun wird der Hebel *m* in eine mittlere Stellung gelegt und dadurch kommen die Speisewalzen zur Ruhe. Jetzt werden die Tische *d* und d^1 in ihre höchste Stellung gebracht (Fig. 286), der Hebel *m* wird nach der entgegengesetzten Seite von vorhin umgeschlagen und das beständig bewegte obere Frictionsrad g^2 mit dem Frictionsrad *n* in Verbindung gebracht, worauf die Speisewalzen des Tisches *d* in umgekehrter Richtung wie vorhin in

Umdrehung kommen und den Block zwischen den Walzen b und b^1 hindurch führen.

Nicht immer brauchen die Speisewalzen des Hintertisches bewegt zu werden. Gewöhnlich genügt die von den Walzen ertheilte Bewegung zum hinreichenden Fortschieben des Blockes. Dadurch wird das Verfahren vereinfacht.

Ist der Block hinreichend oft (der Regel nach mindestens zwei Mal) durch dasselbe Kaliber gegangen, so muss er unter das folgende, und zwar nach der Drehung um 90°, gebracht werden. Hierzu dient die folgende Vorrichtung:

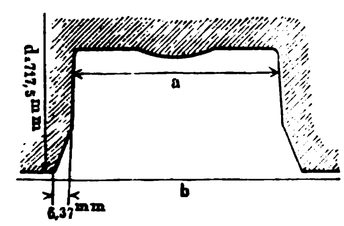
A in Fig. 285 und 287 ist ein Eisenstück, welches als Wender wirkt und eine sector-ähnliche Gestalt mit mehreren vorspringenden Fingern *DD* hat. Dieser Wender wird durch den Wagen *B* unterhalb des Speisetisches gedreht und zwar vermittelst einer Kolbenstange, welche ihrerseits durch den hydraulischen Cylinder *C*, in anderen Fällen aber von der besonderen Dampfmaschine aus bewegt wird.

Die Wender werden, sobald der Block zum nächsten Kaliber geschoben und dabei gewendet werden soll, in ihre höchste Stellung gebracht. Senkt sich nun der Tisch, so greifen die Stahlfinger *DD* unter den Block und drehen ihn um 90°. Hierauf wird der Wagen so lange seitwärts bewegt, bis der Block dem gewünschten Kaliber gegenüber liegt. Gewöhnlich ist letztere Operation gar nicht erforderlich, da durch die Drehung bereits die richtige Stellung erzielt wird.

Die Furchung des Blockwalzwerkes.

Die drei Walzen des Vorwalzwerkes haben 0·76 m Durchmesser und 1·52 m Länge des Walzenbundes. Sie machen 35 Umzüge.

Fig. 291.



Ihre Furchen sind sämmtlich offene und haben die in nebenstehender Skizze angegebene Form, deren Resultat also ein quadratischer Block mit eingedrückten Flächen ist. Die Walzen enthalten nur je vier Furchen, aber jede Furche wird mehrmals von dem Blocke passirt, weshalb nach jedem Durchgange ein Zusammenschrauben stattfindet.

Die folgende Tabelle giebt die Dimensionen für die 15 Durchgänge an, wobei zu bemerken ist, dass die Linie *a* der Figur 291 das Anhalten giebt. Die Maasse sind Millimeter.

Das erste Maass ist die Breite *a*, das zweite die Höhe. Der Block wird einmal zwischen dem 2. und 3. Durchgang und vom 7. Durchgang an jedesmal um 90° gedreht.

1. Furche.		2. Furche.	
1. Durchgang	317·5 + 292·1	7. Durchgang	225·4 + 285·7
2. „	317·5 + 285·7	8. „	225·4 + 269·9
3. „	317·5 + 285·7	9. „	225·4 + 247·6
4. „	317·5 + 269·9	10. „	225·4 + 225·4
5. „	317·5 + 247·6		
6. „	317·5 + 228·5		

3. Furche.		4. Furche.	
11. Durchgang	225·4 + 204·8	14. Durchgang	171·4 + 203·2
12. „	225·4 + 190·5	15. „	171·4 + 177·8
13. „	225·4 + 177·8		

Je nach der Art der Schienen kommen Abweichungen in diesen Dimensionen vor.

Die Betriebsmaschine für das Blockwalzwerk hat der Regel nach bei 76·2 cm Cylinderdurchmesser 1 m Hub und macht 86 Umgänge in der Minute.

Man rechnet zu Cambria in Pennsylvanien 0·24 Tonnen Kohlen für Ausheizöfen und Dampfkessel auf eine Tonne ausgewalzter Blöcke.

An dem Walzwerke sind der Regel nach zwei Arbeiter beschäftigt, seltener vier.

Das Auswalzen von 15 dreischienigen Blöcken dauert 45 Minuten, wenn Alles glatt geht [1]).

4. Darstellung von Handelseisen unter Walzen.

Unter Handelseisen, auch wohl Stabeisen, versteht man Stäbe aus Schweisseisen oder Flusseisen [2]), Schmiedeisen oder Stahl, welche einen einfachen Querschnitt haben, also entweder oblong oder quadratisch, kreisförmig, oval, achteckig, sechseckig sind.

Das Handelseisen theilt man nach den grösseren oder kleineren Dimensionen in Grobeisen und Feineisen, ohne dass sich dabei eine scharfe Grenze ziehen liesse.

Nach Karmarsch liegt die Grenze bei etwa 7 qcm Querschnittsfläche. Nach demselben Autor sind die gebräuchlichen Sorten folgende:

Quadrateisen (viereckiges, vierkantiges Eisen, fer carré, square iron) mit quadratischem Querschnitte, von 6 oder 7 bis zu 130 mm

---

[1]) Vergl. des Verfassers Reisebericht: Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen. Jahrg. 1876, Bd. XXIV.

[2]) Nach einer durch eine internationale Commission (Nordamerika: A. L. Holley und Thomas Egleston, England: J. Lothian Bell, Frankreich: L. Gruner, Schweden: R. Åkerman, Oesterreich:

dick; die Sorten von den dünnsten aufwärts bis 50 mm kommen auch unter dem besonderen Namen *Gittereisen* vor;

Flaches Eisen, *Flacheisen* (fer méplat, fer plat, flat iron), dessen Querschnitt ein Rechteck, im vollständigen Sortimente 6 bis 40 mm dick und wenigstens zweimal, höchstens 24mal so breit als dick; und

Rundeisen (fer rond, rod-iron, round iron), mit kreisförmigem Querschnitte, 3 bis 130, öfters auch 180 oder 200 mm dick.

Die dünnen vierkantigen Sorten für Nagelschmiede führen den Namen *Nageleisen* (nail rods). — Gattungen des flachen Eisens für einzelne Zwecke sind: *Hufnageleisen* (horse-nail rods) von 6 mm Dicke bei 19 bis 20 mm Breite; — *Muttereisen* (zu Schraubenmuttern), nur 2- bis $2^1/_2$mal so breit als dick; — *Rahmeisen* von 10 mm breit und 4·5 mm dick bis 33 mm breit und 8 mm dick; — *Bandeisen*, *Reifeisen* (fer en rubans, fer de ruban, feuillard, fer feuillard, hoops, hoop iron), zu Fassreifen (*Fassreifeisen*), Wagenradreifen (*Radreifeisen*) und vielerlei anderen Zwecken, 0,8 bis 7 mm dick und 10- bis 32mal so breit als dick, nach dem Dickenverhältniss oft unterschieden in dünnes, $1^1/_4$faches, $1^1/_2$faches und doppelt dickes, welche vier Gattungen, z. B. bei 15 mm Breite 1·4, 1·75, 2·1 und 2·8 mm, bei 105 mm Breite 3·5, 4·4, 5·25 und 7 mm dick sind. — Runde Stäbe von besonders zähem Eisen kommen 10 bis 25 mm dick als *Nieteisen* und bis 50 mm dick als *Ketteneisen* vor. — Ganz dünne Stäbe von Quadrat- und Flacheisen werden (sofern ihre Darstellung noch unter dem Hammer geschieht) sehr oft, um Arbeit und Kosten zu sparen, nicht glattgeschmiedet (geschlichtet), sondern kommen in einem Zustande in den Handel, wo ihre Flächen noch durch die Eindrücke des Hammers und Ambosses gekerbt sind (*Zaineisen*, *Krauseisen*, *Knoppereisen*, carillon).

Sechseckiges und *achteckiges Eisen* sind wenig üblich und ein unvollkommener Ersatz des Rundeisens; man gebraucht indessen beide zu Gittern etc. und das achteckige auch zu den Bolzen beim Schiffbau (Bolzeneisen, bolt iron), das sechseckige zu Schraubenmuttern.

P. *Tunner*, Deutschland: H. *Wedding*) festgestellten und seitdem ziemlich allgemein in allen eisenerzeugenden Ländern angenommenen Nomenclatur theilt man nunmehr das Eisen folgendermaassen ein:

- *Kohlenstoffhaltiges Eisen*
  - *Schmiedbares Eisen* (schmiedbar, schwer schmelzbar)
    - *Flusseisen* (im geschmolzenen Zustande erhalten)
      - *Flussstahl*, härtbar
      - *Flussschmiedeisen*, nicht härtbar
    - *Schweisseisen* (im teigigen Zustande erhalten)
      - *Schweissstahl*, härtbar
      - *Schweissschmiedeisen*, nicht härtbar
  - *Roheisen* (*Gusseisen*) (leicht schmelzbar, nicht schmiedbar)
    - *Weisses Roheisen* ohne Grafit
    - *Graues Roheisen* mit Grafit

Die Ausdrücke Flusseisen und Schweisseisen werden im Folgenden daher auch in dieser verallgemeinerten Bedeutung gebraucht werden.

Das Handelseisen wird zwar auch aus Schirbeln oder aus Gussblöcken von Flusseisen hergestellt, die Regel ist aber die Schweissung aus Packeten von Rohstäben. Die Packete werden je nach der Schwere der fertigen Stangen in Länge und Stärke zusammengelegt (vergl. S. 732), indessen ist für Grobeisen die übliche Länge der Rohschienenstücke 0·45 bis 0·60 m. Zur Darstellung des Feineisens wird ein entsprechender Grobeisenstab abermals in Stücke (Prügel) geschnitten und diese unterliegen dem weiterem Walzprocesse. Für Grobeisen wird also zweimal geschweisstes, für Feineisen dreimal geschweisstes Eisen (vergl. S. 606) verwendet.

Die Packete werden so zusammengelegt, dass die Fugen der Rohstäbe in Verband kommen.

Grobeisen wird der Regel nach unter Zwillings- (Duo-)walzen, Feineisen unter Drillings- (Trio-)walzen hergestellt. Obwohl in allen Fällen die Abnahme des Querschnitts der Walzenfurchen möglichst gross genommen wird, um eine starke Streckung, also eine baldige Erreichung des verlangten Stabquerschnitts zu befördern, so hängt doch die Abnahme in der Entfernung der Druckflächen der Furchen (der Druck) wesentlich von den physikalischen Eigenschaften des heissen Eisens ab. Unter allen Umständen muss der Stab in einer Hitze vollendet werden. Den grössten Druck verträgt auffallenderweise ein phosphorhaltiges, also kaltbrüchiges Eisen, den geringsten ein schwefelhaltiges, also rothbrüchiges, ein gutes Eisen liegt in der Mitte.

Streckung. Je weniger Kohlenstoff das Eisen enthält, um so grösser darf der Druck werden; ein weiches sehniges Eisen verträgt daher den grössten, ein harter Stahl den geringsten Druck. Flusseisen darf keinen so hohen Druck als Schweisseisen erhalten. Ein wärmeres Eisen verträgt einen höheren Druck, als ein kälteres.

Hiernach schwankt das Verhältniss des Eisenquerschnitts in zwei auf einander folgenden Furchen ziemlich bedeutend und wechselt von 1 : 15 bis 1 : 4, nimmt aber mit dem Vorschreiten des Walzenprocesses stets ab.

Breitung. Bei einem bereits schlackenfreien, also dichten, Eisen muss die Zunahme von Streckung und Breitung in einem ganz bestimmten Verhältnisse stehen. Je heisser und je kohlenstoffärmer (weicher) das Eisen ist, um so mehr wird es gestreckt, um so weniger gebreitet.

Das durch die Walzen gehende heisse Eisen verhält sich im gewissen Grade wie eine gepresste Flüssigkeit, d. h. der Druck setzt sich nicht nur in der Richtung der Kraft, sondern nach allen Seiten hin durch alle Molecüle fort. Ein von oben und unten gepresstes warmes Eisen, welches nach den Seitenflächen hin nicht begrenzt ist, dehnt sich daher auch nach der Breite aus. Diese Breitung ist freilich gering und be-

trägt für jede Streckung eines Stabwalzwerks nicht über 0·5 bis 4·5 mm. Wird das Eisen durch Walzen mit cylindrischen Mänteln geführt, findet es also nach der Breite hin keine Begrenzung, so erlangt es das Maximum der Breitung, welche seiner physikalischen Beschaffenheit zukommt. Da indessen diese physikalische Beschaffenheit selbst in demselben Stücke sehr wechselt, so wird auch die Breitung verschieden, und statt einer ebenen Seitenfläche erhält man unter cylinderförmigen Walzen ein Eisenstück mit zackigen Rändern. Wird dagegen eine Furchung angewendet, so begrenzen die Seitenflächen der Furche die Ausdehnung nach der Breite, und wenn die Kaliberbreite unterhalb der Maximalbreitung der Eisenart liegt, erhält das Eisenstück scharf begrenzte Seitenflächen.

Die Breite des eingeführten Eisens kann niemals grösser als die Breite der Furche sein, denn sonst würden die Ränder von den die Furchen trennenden Ringen gepackt. Es muss also hier die Breite der Kaliber beständig zunehmen, falls das Eisenstück in gleicher Lage oder um 180° gedreht, angeführt wird, wogegen eine Verminderung der Breite immer bei Drehung des Eisens um 90° oder einen anderen kleineren Winkel erreicht werden kann, wobei dann die frühere Höhe zur Breite wird.

Druck- und Reibungsflächen. Der stärkste Druck wird durch jede den Walzenaxen parallele Furchenfläche ausgeübt, kein Druck durch eine dazu senkrecht stehende. Solche Flächen hindern die Streckung durch die an ihnen stattfindende Reibung. Man nennt sie daher Reibungsflächen. Theils wegen des Widerstandes gegen die Streckung, theils um das Auslösen der sich breitenden Eisenstäbe aus der Furche zu erleichtern, gibt man der der Form des Eisenstücks nach vertical zu stellenden Fläche eine Neigung nach aussen, macht also z. B. die Kaliber, statt quadratisch oder oblong, trapezisch.

Einfluss des Walzendurchmessers. Ein grosser Durchmesser der Walzen wirkt ebenso, wie ein langsamer Umgang, stärker auf Zusammenpressung, als auf Streckung, gibt daher auch stärkere Breitung. Zum Schweissen und zum fortgesetzten Dichten ist es daher vortheilhaft, Walzen von grossem Durchmesser zu wählen; zur Herstellung von Feineisen aus bereits geschweissten Knüppeln dagegen sind schnell rotirende Walzen von möglichst kleinen Durchmessern zu nehmen.

Walzenanordnung. Man mag eine Form des Querschnitts wählen, welche man wolle, so ist doch, wenn die Herstellung des Stabeisens aus Packeten erfolgt, die erste Aufgabe die Schweissung des Eisens und das Auspressen der Schlacke. Hierzu wird das Vorwalzwerk angewendet, welches wie das Rohschienenwalzwerk, mit Spitzbogenfurchen versehen ist. Das Packet geht durch dieselben diagonal und wird nach jedem Durchgang um 90° gedreht.

Nur bei sehr schweren Packeten, bei welchen eine diagonale Stellung vor der erfolgten Schweissung ein Verschieben der Rohstäbe herbeiführen würde, ist man gezwungen, die Vortheile der Spitzbogenfurchen aufzugeben und Schweisskaliber anzuwenden, welche aus zwei Trapezen zusammengesetzt sind, durch welche also zuerst das Packet in horizontaler Lage der Stäbe durchgeführt werden kann. Aber auch dann dreht man das Packet um 90⁰, so dass schon in der zweiten Furche die Stäbe senkrecht stehen.

Grobeisen.

Vorwalzen.

Die Darstellung des Grobeisens beginnt in Vorwalzen mit Spitzbogenfurchen, deren erste einen Constructionskreis mit dem Durchmesser der Packetdiagonale erhält.

Der Durchmesser der Walzen beträgt 0·36 bis 0·42 Meter, die Zahl der Umdrehungen 75 bis 120.

Die Vollendwalzen enthalten die formgebenden Furchen. Selten sind beide Arten von Furchen auf einem Walzenpaare vereinigt, da dieselbe Vorwalze für zahlreiche Arten von Grobeisen dienen kann und daher nur die Fertigwalze ausgewechselt zu werden braucht, wenn ein Eisen von abweichendem Querschnitte verlangt wird.

Flacheisen.

Flacheisen, d. h. Eisen von oblongem Querschnitte, kommt am häufigsten und in sehr verschiedenen Abmessungen vor.

Die Kaliber der Vollendwalzen sind versenkt, etwas trapezisch geformt, an den der Walzenaxe zuliegenden inneren Kanten verbrochen. Das letzte oder Fertigkaliber nähert sich der verlangten Form des Stabes möglichst und das Eisen wird durch dasselbe zweimal um 180⁰ gedreht durchgeführt.

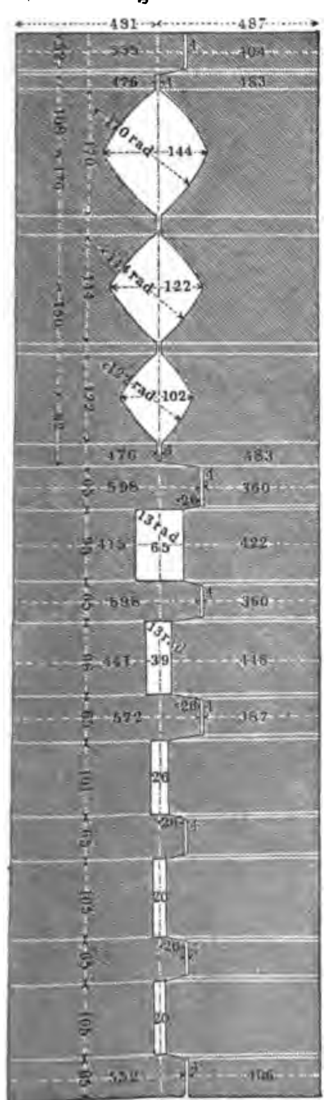
Zur Verminderung der im Uebrigen stets zunehmenden Kaliberbreite dienen Stauchfurchen, d. h. in die fortlaufende Reihenfolge eingefügte Furchen, in welchen das Eisen nur um 90⁰ gedreht eingeführt und daher die vorhergehende Höhe zur Breite gemacht wird.

Je verschiedener Breite und Höhe des Eisens sind, um so nachtheiliger wirkt das Stauchen auf die Form, weshalb man der Regel nach Stauchfurchen nur auf einen der ersten Durchgänge in den Vollendwalzen legt.

Die nebenstehende Fig. 292 zeigt ein Paar combinirter Vor- und Vollendflacheisenwalzen.

Staffelwalzen. Zur Vereinfachung der Walzen und um zahlreiche Profile auf denselben Walzen vollenden zu können, hat man in Oesterreich Staffelwalzen benutzt, von denen ein Trio in Fig. 293 (a. folg. S.) abgebildet ist. Man ersieht, es fehlen hier die Ringe. Freilich wird auch in Folge dessen das Flacheisen nicht scharfkantig.

Fig. 292.



Flacheisenfurchung.

Universalwalzwerk. Bei den mannigfachen Dimensionen des laufend zu fabricirenden Flacheisens erfordern namentlich die gröberen Sorten eine sehr grosse Zahl von Walzen, welche vorräthig gehalten werden müssen. Um dies zu vermeiden, hat Daelen eine seitdem allgemein verbreitete Einrichtung erfunden, welche er Universalwalzwerk nannte, nicht weil man alle Eisensorten, sondern weil man alle Flacheisensorten ohne Veränderung der Walzen darauf herstellen kann.

Das Universalwalzwerk besteht aus zwei Walzenpaaren, einem horizontalen und einem verticalen, deren ungefurchte Mäntel zusammen das Kaliber bilden. Durch den Abstand der Mäntel des horizontalen Walzenpaares wird die Höhe, durch den Abstand der Mäntel des verticalen Walzenpaares die Breite des Eisenstabes bestimmt.

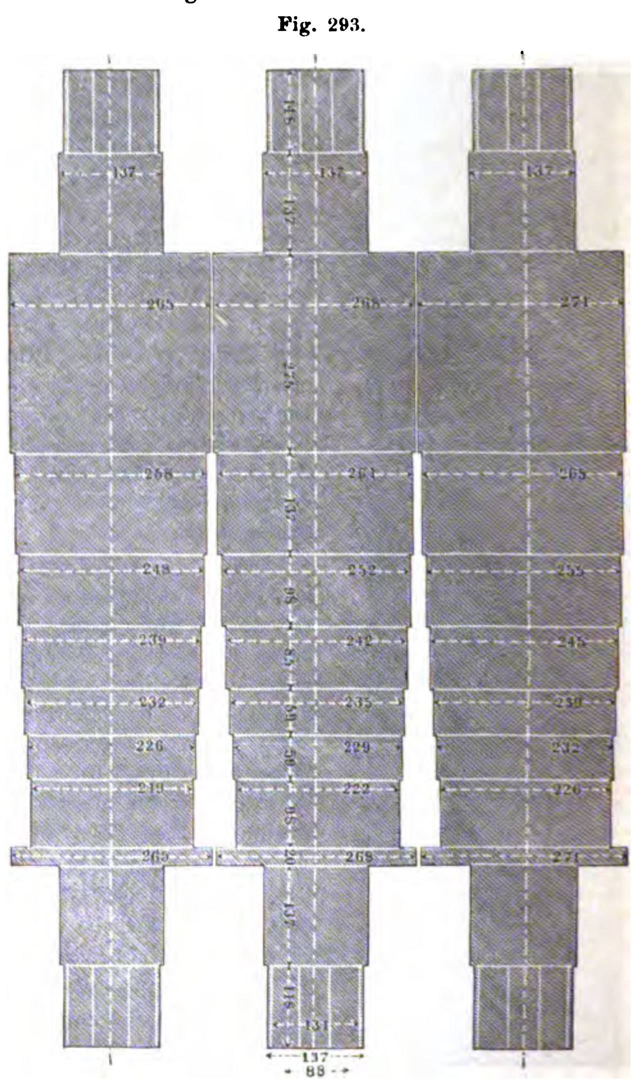
Ein solches Walzwerk ist in Fig. 294 (a. S. 803) abgebildet. Es tritt hier deutlich das durch *ab* und *cd* gebildete Kaliber hervor.

Die verticalen Walzen sind in einem besonderen Rahmengerüste *rr* gelagert und erhalten ihre Bewegung von der Transmission *g* aus durch Winkelräder *kk*.

Die Regel ist, dass die Verticalwalzen hinter den Horizontalwalzen stehen. Sie müssen dann, da in dem Zwischenraum zwischen beiden

Walzenpaaren bereits eine Streckung eintritt, eine entsprechend schnellere Bewegung erhalten. Man giebt ihnen nur einen schwachen Druck, um die in Folge der unbegrenzten Breitung unter den Horizontalwalzen ungleichförmigen Seitenflächen des Eisenstabes zu glätten und ein scharfkantiges Eisen zu erzeugen.

Fig. 293.



Staffelwalzen.

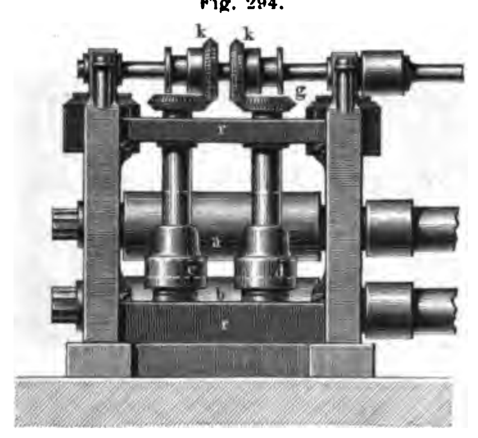
Die umgekehrte Anordnung, wonach die Verticalwalzen vor den Horizontalwalzen liegen und dann eine geringere Geschwindigkeit als

jene haben müssen, ist nicht so empfehlenwerth, weil das Eisen weniger scharfkantig ausfällt.

Ein Paar verticaler Walzen, sowohl vor als hinter dem horizontalen Paare kommt zwar ebenfalls vor; es entspricht aber diese doppelte Anordnung in ihrem Aufwande nicht dem Erfolge.

Endlich ist versucht worden, zwischen den von den Verticalwalzen gebildeten Furchen die dann nur scheibenförmig gestalteten Horizontal-

Fig. 294.



Universalwalzwerk.

walzen zu lagern, aber obwohl so in Folge des fast gleichzeitigen Drucks eine sehr vollkommene Arbeit erreicht werden sollte, geben doch die unvermeidlichen Fugen an den Ecken des im Uebrigen richtig gebildeten Kalibers zu einer sehr störenden Gradbildung Veranlassung.

Der Regel nach dient das Universalwalzwerk nur als Vollendwalze, obwohl man mannigfache Combinationen durch Stellung (d. h. Näherung oder Entfernung) der Walzen eines oder beider Paare während des Betriebes erreichen könnte.

Quadrateisen.

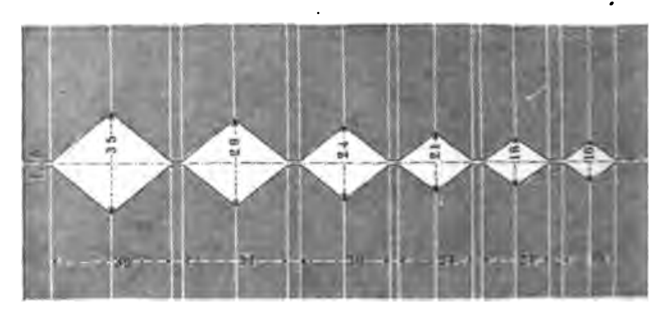
Die Kaliber der Vollendwalzen für Quadrateisen schliessen sich unmittelbar an die Spitzbogenfurchen der Vorwalzen an und unterscheiden sich von jenen wesentlich nur durch die geradlinige Begrenzung. Uebrigens ist auch hier eine schwache Ausbiegung nicht unzweckmässig, da bei der Abkühlung des Stabes in den auf den Seiten senkrechten Axen die stärkste Zusammenziehung stattfindet, weshalb bei geradlinig begrenzten Kalibern leicht concave Flächen am Eisen entstehen.

Wegen der Breitung muss statt des verlangten Winkels von 90° an der Spitze der Furche ein grösserer genommen werden. Man wählt

der Regel nach 91° 54′ 10″, was dem Verhältnisse der Diagonale zur Seite von $57^1/_2$ zu 40 entspricht. Das Fertigkaliber erhält jedoch häufig an der Spitze genau 90° und erweitert sich dann zur Basis. Bei einem doppelten Durchwalzen unter Drehung des Stabes um 90° wird der Stab hierbei hinreichend quadratisch.

Die nachstehende Fig. 295 zeigt eine Quadrateisenvollendwalze. Die eingeschriebenen Maasse bedeuten, wie in den vorhergehenden Figuren, Millimeter.

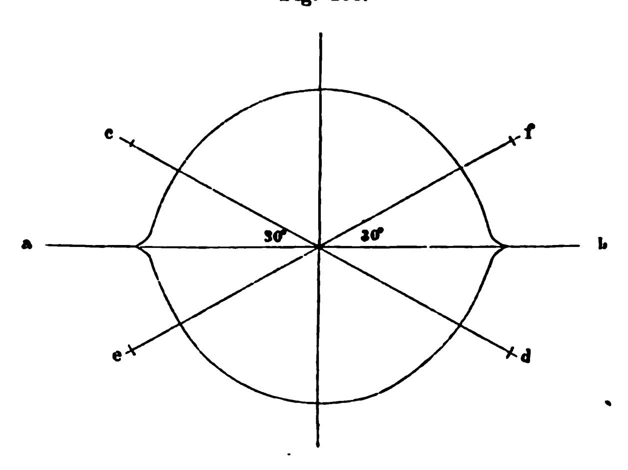
Fig. 295.



Quadrateisen-Furchung.

Auch auf dem Universalwalzwerke kann Quadrateisen hergestellt werden, doch geschieht dies selten, da bei letzterem nicht die mannigfachen Abweichungen in den Abmessungen, wie beim Flacheisen, vorkommen, und andererseits nicht die scharfe Kantenbildung, wie bei Benutzung von geschlossenen Furchen, erreicht werden kann.

Fig. 296.



Rundeisenfurche.

Rundeisen.

Das Rundeisen wird der Regel nach auf den Fertigwalzen in einer Furche vollendet. Der in den Spitzbogenfurchen der Vorwalzen erlangte Durchmesser muss daher dem des Fertigkalibers möglichst nahe kommen. Die Construction des Kalibers ist folgende: Es wird oben und unten begrenzt durch die dem beabsichtigten Durchmesser des Eisens genau zukommenden Kreisbogen. Diese Kreisbogen gehen bis zu den unter 30° mit dem Horizontaldurchmesser *ab* gezogenen Radien *cd* und *ef* hinab. Von dort aus erweitert sich das Kaliber in Kreisbogen, welche mit dem zweiundeinhalbfachen Radius von *d*, *f*, *c* und *e* aus geschlagen werden, wie die vorstehende Fig. 296 zeigt.

Der Regel nach findet ein dreifacher Durchgang des Eisens unter Drehung um je 60° statt.

Feineisen.

Zur Anfertigung von Feineisen werden Trio-Vor- und Fertigwalzen von 0·20 bis 0·26 m Durchmesser und 200 bis 500 Umdrehungen in der Minute benutzt.

Vorwalzen.

Die Vorwalzen enthalten Spitzbogenfurchen, welche häufig mit Ovalfurchen wechseln. Eine Ovalfurche wird aus zwei Kreisbogen gebildet, welche sich in der Horizontalen schneiden.

Sie wird dadurch construirt, dass von den beiden entgegengesetzten Ecken eines Quadrats die Bogen mit dem der Quadratseite gleichen Radius geschlagen werden. Jede Ovalfurche muss eine etwas grössere Breite besitzen, als die Höhe des vorhergehenden Spitzbogenkalibers beträgt.

Die Ovalfurchen strecken vorzüglich.

Fertigwalzen.

Die Furchung der Feineisen-Fertigwalzen unterscheidet sich nicht wesentlich von der der Grobeisen-Fertigwalzen.

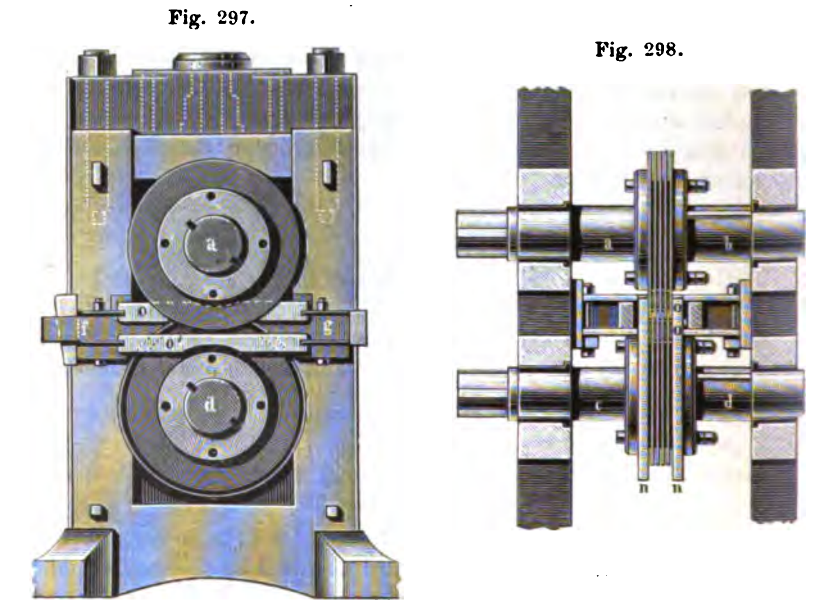
Schwaches Bandeisen, von dem eine besonders glänzende Oberfläche verlangt wird, geht aus den Fertigwalzen noch zwischen ein Paar langsam rotirender, gut polirter Walzen aus Hartguss oder Stahl, wobei es durch

niederträufelndes Wasser eine starke Abkühlung erleidet, während der dabei losspringende Glühspan vermittelst einer Schabevorrichtung entfernt wird.

Schwaches Quadrateisen (Nageleisen), welches jetzt nur noch wenig gebraucht wird, nachdem die mit Hand geschmiedeten Nägel durch Maschinennägel aus Draht oder Blech fast verdrängt sind, stellt man auf Schneidewerken her.

Die nebenstehenden Figuren 297 und 298 zeigen ein solches Schneidwerk. Es besteht aus einer ungeraden Zahl von Scheiben, welche auf

Fig. 297. Fig. 298.



den Wellen *ab* und *cd* festgekeilt sind und deren Ränder zwischen einander greifen. Durch dieselben wird das Eisen in ebensoviele Streifen zerschnitten. Scheiben von geringerem Durchmesser trennen die Schneidscheiben und begrenzen deren Abstand. Das ganze System von Scheiben wird durch Ringe *nn* zusammengehalten und verschraubt.

Damit die geschnittenen Eisenstreifen sich nicht um die Trennungsscheiben wickeln, sind zwischen die Walztische *f* und *g* Eisenstücke *o* und *o'*, sogenannte Brillen, eingespannt, welche das Eisen horizontal zu- und fortleiten.

5. Darstellung von Profil- oder Façon-Eisen.

Unter Profil- oder Façoneisen versteht man alles Eisen in Stabform, welches keinen der einfachen Querschnitte des Handelseisens hat. Obwohl daher die Formen des Profileisens unbegrenzt erscheinen, haben sich doch nur einige in der Technik allgemeine Anwendung zu verschaffen gewusst und kommen häufig zur Anwendung; es sind dies: T-Eisen (T) und Doppel-T-Eisen (⊢—⊣), ersteres bestehend aus zwei Flacheisen, von denen das eine, der Steg, rechtwinklig auf der Mitte des anderen, des Kopfes oder Fusses steht, letzteres bestehend aus drei Flacheisen, deren mittleres, der Steg, auf den Mitten der beiden anderen rechtwinklig ruht; ferner Kreuzeisen (+), U-Eisen (|___|), ein Flacheisen mit nach derselben Seite rechtwinklig aufgebogenen Rändern, zuweilen in der Mitte mit einer Rippe versehen (|_ı_|) und dann E-Eisen genannt, sodann Winkeleisen, ein entweder im rechten (|_) oder im stumpfen (_) Winkel aufgebogenes Flacheisen mit entweder gleichen (\/) oder ungleichen (\/) Schenkellängen, Fenstereisen oder Z-Eisen (/—/), ein Flacheisen, dessen Ränder nach entgegengesetzten Seiten stumpfwinklig aufgebogen sind. Ferner Eisenbahnschienen, entweder aus einem mit einem flachen Fusse durch einen senkrechten Steg verbundenen runden Kopfe (⊥) oder aus zwei solchen durch einen flachen Steg verbundenen Köpfen (I) bestehend, und endlich Radreifen für Eisenbahnfahrzeuge von trapezförmigem Querschnitt mit vorspringender Wulst und zuweilen einer Rippe an der Innenseite.

Allgemeine Regeln für Furchung der Profileisenwalzen.

Das Profil des fertigen Stabes ist der Ausgang für die Furchung bis zu dem der Regel nach quadratischen oder oblongen Querschnitte des Packets. Es muss, wie übrigens bei jedem gewalzten Eisen, auf das Schwindmaass des warmen Stabes Rücksicht genommen werden, welches der Regel nach 2 Proc. beträgt; es muss also zuvörderst nach dem verlangten Profile (Kaltprofil) das Fertigkaliber oder das Warmprofil gezeichnet werden. Von diesem Warmprofil muss man mit durchschnittlich höchstens 12 Furchen auf den Querschnitt des Packets zurückgelangen, weil sonst das Auswalzen in einer Hitze nicht mehr ausführbar sein würde. Die Anwendung einer doppelten Hitze hat nämlich nicht nur den Nachtheil einer Zeitverlängerung des Walzprocesses, sondern auch den eines weit grösseren Brennmaterialaufwandes, der Anlage der doppelten Zahl von ausserdem zur Hälfte grösseren Schweissöfen, höherer Transportkosten u. s. w.

Je mehr Abweichungen von der einfachen Quadratform der Querschnitt erleidet, um so schwieriger wird die richtige Ausführung der Furchung. Man hat versucht, durch Vorbildung der Form im Packetquerschnitte (vergl. S. 732) die Schwierigkeit zu verringern, aber auch gefunden, dass die Festigkeit des Eisens dadurch beeinträchtigt wird.

Es zeigt sich nämlich, dass in Folge der unausbleiblichen Unvollkommenheit der Schweissung die Schweissstellen niemals die Festigkeit des compacten Eisens erhalten, dass daher die Festigkeit um so grösser wird, je mehr die einzelnen Rohstäbe bei der Ausbildung des Profils durcheinander gewirkt werden [1]).

Bei dem Vorwalzen von Flusseisen kommt diese Schwierigkeit nicht in Betracht und auch hierin zeigt sich wieder ein Vortheil einer allgemeinen Verwendung dieses Materials im Gegensatz zu der des Schweisseisens.

Die Construction der Furchen für Profileisen erfordert abweichende Anordnung, je nachdem der ganze Querschnitt aus gleichem Eisen oder aus verschiedenen Eisenarten besteht. Letzteres kommt fast allein bei Eisenbahnschienen, zuweilen auch bei Radreifen in Betracht.

Da, wie bereits vorher gezeigt, härteres Eisen sich weniger streckt und mehr breitet, wie weiches, so müssen dann, wenn beide Eisensorten vereinigt werden, die aus ersterem bestehenden Theile des Packets zur Erreichung einer gleichen Streckung und Vermeidung des Eintritts einer die Festigkeit beeinträchtigenden Spannung stärker gepresst werden, als die weichen Theile. Bei einer Eisenbahnschiene mit hartem Kopfe müssen also z. B. diejenigen Theile der Furchen, welche den Kopf ausbilden, ein stärkeres Abnahmeverhältniss besitzen, als diejenigen, welche den weichen Fuss und Steg strecken.

Je schwächer ferner ein Eisentheil ist, um so stärker kühlt er ab, um so mehr wird er daher gebreitet und um so weniger gestreckt. Dies führt zu der Regel, dass die schwächsten Theile eines Profils so viel wie möglich in den ersten formgebenden Kalibern ausgebildet werden müssen, während die selbstverständlich dadurch entstehende Spannung leicht wieder in den folgenden Furchen ausgeglichen werden kann. Zuweilen schaltet man zu diesem Zweck besondere Furchen ein, welche gleichzeitig Stauchkaliber (s. S. 800) zu sein pflegen, und welche nur einen Theil, z. B. den Fuss der Schiene, strecken, während das Kaliber im Uebrigen die anderen Theile frei umschliesst.

Eine Furche kann niemals in einem der Walzenaxe näher liegenden Theile weiter sein, als in einem von der Walzenaxe entfernteren, oder darf, wie man sich ausdrückt, in keinem Theile schwalbenschwanzförmig sein. Man ist daher nicht in der Lage ein Eisen zu walzen, dessen

---

[1]) Man hat dies auch durch schraubenförmige Windung des Packets in den Schweisskalibern zu erreichen versucht, ohne jedoch damit wesentlich bessere Resultate erreicht zu haben.

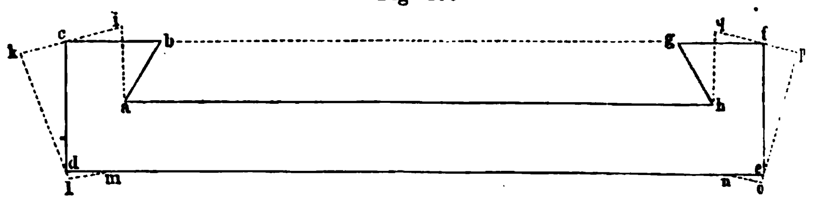
Querschnitt sich nicht von irgend einer Theilungslinie nach beiden Seiten hin verjüngt. Theilt man das Profil einer aufrechtstehenden Eisenbahnschiene in irgend einer Höhe, so findet sich stets nach oben oder unten eine Querschnittslinie von grösserer Ausdehnung, als die Theilungslinie. Die Schiene kann also stehend nicht gewalzt werden. Legt man sie dagegen, so ist die den Scheitelpunkt des Kopfes mit der Mitte des Fusses verbindende Linie die grösste, es kann also die Schiene liegend in Furchen gewalzt werden, von denen je eine Hälfte der Ober- und der Unterwalze angehört.

Ein Druck wird, wie schon mehrfach ausgeführt, wesentlich nur in verticaler Richtung ausgeübt. Einen vollen Druck ertheilt daher nur die horizontale Begrenzungslinie des Profils. Je mehr die Begrenzungslinie sich der Verticalen nähert, um so geringer wird der übrig bleibende Theildruck, welcher endlich bei der Verticalstellung ganz verschwindet. Am günstigsten für das Walzen ist daher jedes Profil, welches sich einer horizontalen Linie annähert, also das liegende Flacheisen, am ungünstigsten das sich am meisten der verticalen Linie annähernde, also das aufrecht gestellte Flacheisen. Besteht ein Profil daher, wie das T-Eisen, aus einem verticalen und horizontalen Flacheisen, so wird, sobald der eine Theil horizontal liegt, dieser stark, der verticale stehende gar nicht oder nur durch Seitendruck gestreckt werden. Kann bei einem Profil gewechselt werden, wie z. B. beim +-Eisen, so wird der Nachtheil durch jedesmalige Drehung um 90° immer wieder ausgeglichen; ist degegen eine solche Drehung nicht möglich, wie beim ⊥-Eisen, oder bei der Eisenbahnschiene mit breitem Fuss, so bleiben nur zwei Wege möglich. Der erste beruht auf der Anwendung der sogenannten Freifurchen, d. h. solcher Kaliber, welche nur einen Theil, also z. B. den Fuss des T-Eisens oder der Eisenbahnschiene, allein ausbilden. Durch die breiteste Stelle dieses Theils geht dann natürlich die Theilungslinie des Kalibers, während der übrige Theil, ganz frei oder nur einem Verticaldruck (Stauchen) ausgesetzt, mitläuft. Der zweite Weg beruht auf der symmetrischen Ausbildung des Eisens in einer Form, welche einen gleichmässigen Druck zulässt, und darauf folgender Umbiegung zu der Form des erforderten Querschnitts. So wird z. B. das ⊥-Eisen in Form eines gleichwinkligen Sterns (Y) bis zu den erforderlichen Dimensionen der Strahlen ausgewalzt, dann werden in einem freien Kaliber zwei Strahlen in eine gerade Linie gebogen und man erhält so die gewünschte Form. Mit Hülfe der letzteren Methode gelingt es selbst Doppel-T-Eisen herzustellen und namentlich auch Formen mit schwalbenschwanzförmigem Querschnitte zu walzen, z. B. Baueisen von der Form der Fig. 299 (a. f. S.). Dasselbe wird zunächst in der Form *aiklmnopqh* gewalzt und dann in einer Freifurche *cdef* in die Form *abcdefgh* zusammengedrückt.

Unter sonst gleichen Umständen ist diejenige Querschnittsform für das Walzen am günstigsten, welche in vier symmetrische Theile zerlegbar ist, z. B. Kreuzeisen, dann folgt diejenige, welche nur zwei symme-

trische Theile zulässt, wie das T-Eisen, U-Eisen, gleichschenklige Winkeleisen. Am schwierigsten wird es, ein ganz

Fig. 299.



unsymmetrisches Profil, wie das des ungleichschenkligen Winkeleisens, herzustellen. Hierbei wird als Hauptregel immer festgehalten werden müssen, jede Verschiebung der Eisentheile innerhalb des Querschnitts möglichst zu vermeiden. Ob das Ziel erreicht wird, lässt sich — freilich oft zu spät — aus der Beschaffenheit des aus den Walzen tretenden Stabes beurtheilen. Biegt sich derselbe nach rechts oder links, so ist der Druck schlecht vertheilt. Eine Biegung nach oben oder unten hat, wenn sie im folgenden Kaliber wieder ausgeglichen wird, an sich keinen Nachtheil, da sie nur eine Verschiebung der Eisentheile in ihrer Längsrichtung darstellt.

Ein unvermeidlicher Uebelstand entsteht bei allen nicht durch eine Horizontale in zwei symmetrische Hälften zerlegbaren Profilen aus der Ungleichheit der Walzendurchmesser an den Druckflächen und der dadurch entstehenden Ungleichförmigkeit der Umfangsgeschwindigkeit an der Ober- und Unterwalze oder selbst an verschiedenen Theilen des Profils in derselben Walze. Es hat dies eine Verschiebung der Eisentheile in der Längsrichtung zur Folge, welche dann nur keinen Nachtheil mit sich führt, wenn sie stets wieder durch umgekehrte Anordnung im nächsten Kaliber ausgeglichen werden kann. Aus diesem Grunde nimmt man auch so viel wie möglich eine Drehung des Eisens um 180° nach jedem Durchgange vor.

Ein ähnlicher Uebelstand wird durch die Reibung bei Profilen, welche Verticalbegrenzungen von grosser Ausdehnung besitzen, hervorgerufen. Das sich breitende Eisen schliesst sich an dieselben an, nimmt die Geschwindigkeit der Reibungsfläche an und wird daher an den der Walzenaxe ferner liegenden Theilen schneller fortgeführt, als an den näher liegenden, wodurch ebenfalls eine namentlich bei unsymmetrischen Profilen sehr unangenehm hervortretende Verschiebung der Eisentheile innerhalb des Stabes entsteht.

Anordnung der Walzen.

Wie beim Handelseisen, vertheilt man auch beim Profileisen die Walzarbeit auf zwei Walzengerüste, deren ersteres die Vor- oder Schweiss-

walzen trägt, während das letztere die Vollendwalzen enthält. Der Regel nach beginnt man mit der Formgebung bereits in den letzten Schweissfurchen.

Bei complicirten Formen und namentlich bei grösseren Lieferungen pflegt man zwei genau gleiche Fertigkaliber anzuwenden, damit das zweite eintrete, wenn das erste durch den Gebrauch verschlissen und daher ungenau geworden ist, und legt diese dann öfters in ein drittes Walzenpaar.

Obwohl durch Anordnung dreier Walzen über einander dieselben Vortheile wie beim Handelseisen erreicht werden, d. h. einerseits die Zeit und Mühe für das Zurückgeben erspart wird und ausserdem noch ein günstigeres Ausbringen bezüglich der Enden erzielt wird, ist doch der Regel nach das Trio nur für die Vorwalzen angewandt, weil die Furchung der Fertigwalzen mit Benutzung je zweier über einander liegender Kaliber sehr schwierig ist und nur hin und wieder von einigen sehr geschickten Walzenconstructeuren, wie z. B. Daelen zu Hörde, mit Erfolg durchgeführt werden konnte. Gelingt dies nicht, so spart man an Länge der Walzen nichts.

Gerade beim Walzen von Profileisen liegt, selbst abgesehen von Zeit- und Kraftverlust in Folge des Zurückgehens der Eisenstäbe über die Walzen, ein sehr wesentlicher Vortheil in der Möglichkeit, das Eisen nach abwechselnd entgegengesetzter Richtung walzen zu können.

Beim Walzen pflegen nämlich die Stäbe des zuerst aus den Walzen austretenden Packetendes leicht zu sperren, d. h. ihre Schweissung zu verlassen und sich aus einander zu biegen. Wird nun dasselbe Ende nach Zurückgabe des Stabes wieder zuerst eingeführt, so macht es Schwierigkeiten, es überhaupt in die nächste Furche zu bringen und man ist oft genöthigt, den Eisenstab ganz herumzudrehen, was abermals viel Zeit und Raum erfordert. Dagegen ist das zuletzt aus den Walzen tretende Ende stets gut geschweisst und leicht wieder in die folgende Furche der Walzen einzuführen [1]).

Auch die Vertheilung der Schlacke, welche beim wiederholten Durchgange des Eisens in demselben Sinne sich mehr und mehr an das eine Ende drückt und es auf eine grosse Länge unbrauchbar macht, ist bei abwechselnder Durchgangsrichtung günstiger.

Man hat daher da, wo man Walzendrillinge nicht anwenden wollte, nach anderen Mitteln gesucht, um dasselbe Ziel zu erreichen. So hat man zuerst in Dowlais in England, dann zu Oberhausen in Deutschland

---

[1]) Sollte hierbei noch eine Schwierigkeit entstehen, d. h. die Reibung nicht gross genug sein, so kann man durch Aufstreuen von etwas Sand der Regel nach leicht die Reibung hinreichend vergrössern, um das Fassen durch die Walzen zu veranlassen. Es möge hier erwähnt werden, dass man in den Schweisskalibern die Reibung an den Walzen durch Aufhauen der Druckfläche parallel zur Walzenaxe der Regel nach ein für alle Mal vergrössert.

zwei hinter einander liegende Walzenpaare mit umgekehrter Drehungsaxe angeordnet. Das eine Paar liegt um so viel tiefer als das andere, dass das Eisen bequem unter letzterem hindurch aus den Furchen des ersteren gelangen und aus den Furchen des höher gelegenen Paares über die Oberwalze des tiefer gelegenen Paares hinweggeschoben werden kann [1].

Ein anderes Mittel zur Erreichung desselben Zwecks ist die Umkehrung der Walzendrehung nach jedem Durchgange.

Hierbei kann man entweder die Dampfmaschine in umgekehrte Bewegung versetzen, was bei kleinen Maschinen durch einfache Handsteuerung, bei grösseren durch einen besonderen Dampfcylinder, auch wohl durch eine hydraulische Vorrichtung geschieht. Dann darf die Maschine nicht mit einem Schwungrade versehen sein [2].

Oder man lässt die Maschine in stets gleicher Richtung umgehen und setzt die Bewegung im gehenden Zeuge um. Dies kann geschehen durch die Anwendung der Fünfräder-Uebertragung, bei welcher einmal die Uebertragung durch drei Getriebe im Sinne des Motors, das andere Mal durch zwei Getriebe im entgegengesetzten Sinne erfolgt, oder durch Winkelräder, von denen bald das rechte, bald das linke mit dem rechtwinklig dazu angeordneten des Motors in Eingriff gesetzt wird, oder endlich durch zwei getrennte Maschinen mit entgegengesetzter Bewegungsrichtung, von denen bald die eine, bald die andere mit dem Walzwerke verkuppelt wird. In dem seltenen Falle der Riemenübertragung genügt die Benutzung des einfachen und des gekreuzten Riemens.

Die Kuppelung geschieht zwar der Regel nach durch Klauen, aber der Eingriff ist hierbei sehr hart, und es sind daher Frictionskuppelungen, welche in Nord-Amerika das allgemein gebräuchliche System bilden, vorzuziehen [3].

Schliesslich ist noch die Brown'sche Anordnung zu erwähnen, ohne dass sie wegen der Ersparung der Arbeit gleichzeitig empfohlen werden könnte. Nach derselben liegen zwei Walzenpaare in gleicher Ebene hinter einander und drehen sich in umgekehrtem Sinne. Jeder Arbeitsfurche des einen Paares entspricht eine übergrosse, von dem Eisen daher nicht berührte Oeffnung des vorliegenden Paares.

Einzelne Sorten von Profileisen.

T-Eisen.

Das T-Eisen wird der Regel nach aus quadratischen Packeten ausgewalzt, welche aus Rohschienen, die von doppelt geschweissten Deck-

[1] Vergl. auch Oesterr. Jahrbuch, Bd. XV, S. 20.

[2] Zeitschrift deutscher Ingenieure 1875, Bd. 19, Heft 2, S. 97. Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 483 und 546.

[3] Vergl. Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 539.

platten eingeschlossen sind, gebildet werden, jedoch arbeitet man auch der Form durch Bildung von dreieckigen Packeten vor (s. S. 732), deren Basis den Fuss bildet und daher der Regel nach aus starken, doppelt geschweissten Schienen zusammengesetzt ist, während die an Breite abnehmenden Zwischenlager Rohschienen sind und erst die Kopfplatte wieder aus doppelt geschweisstem Eisen besteht.

Ein profilirtes Packet für ein 160 mm im Fusse breites, 100 mm hohes und 13 mm im Stege starkes T-Eisen besteht z. B. aus einer doppelt geschweissten Kopfplatte von 102 mm Breite, darunter drei Rohschienen von gleicher Breite, hierunter eine Lage von zwei Rohschienen, je 76 mm breit. Nun folgen vier Lagen von 254 mm Breite, deren beide mittleren nur aus Rohschienen bestehen, während die Kanten der obersten und untersten durch 76 mm breite Stäbe aus doppelt geschweisstem Eisen gebildet sind.

Während das fertige T-Eisen pro laufenden Meter 25 Kg wiegt, so würde man, 6 Meter lange Stäbe vorausgesetzt, je 150 Kg erhalten. Rechnet man auf die erste Hitze 10, auf die zweite Hitze 5 Proc. Verlust und für beide Enden 20 Kg, so muss das Packet 192·5 Kg wiegen [1]).

Der Regel nach werden die Kaliber abwechselnd um 90° gedreht angeordnet, wie die Fig. 300 (a. f. S.) zeigt. Es wird in diesem Falle abwechselnd Steg und Fuss gestreckt und die Kaliber werden sämmtlich versenkt in die Unterwalze gelegt.

Die Uebelstände, welche, den vorher angegebenen Grundsätzen entsprechend, hierbei aus den grossen verticalen Reibungsflächen entstehen, hat man mit Erfolg dadurch vermieden, dass man das T-Eisen als dreistrahligen Stern walzt, es vor jedem Durchgange um 60° dreht, und am Schlusse in einem Freikaliber zwei Strahlen in eine gerade Linie bringt. Es muss dabei beachtet werden, dass der Winkel, welcher aus 60° in 180° übergeführt wird, in seinem Scheitel die nöthige Eisenmenge enthält, um nicht Risse zu bekommen. Man lässt daher hier eine Wulst stehen, während die beiden anderen Winkel sehr spitz ausgearbeitet werden.

Schwerere T-Eisen walzt man in zwei Hitzen aus.

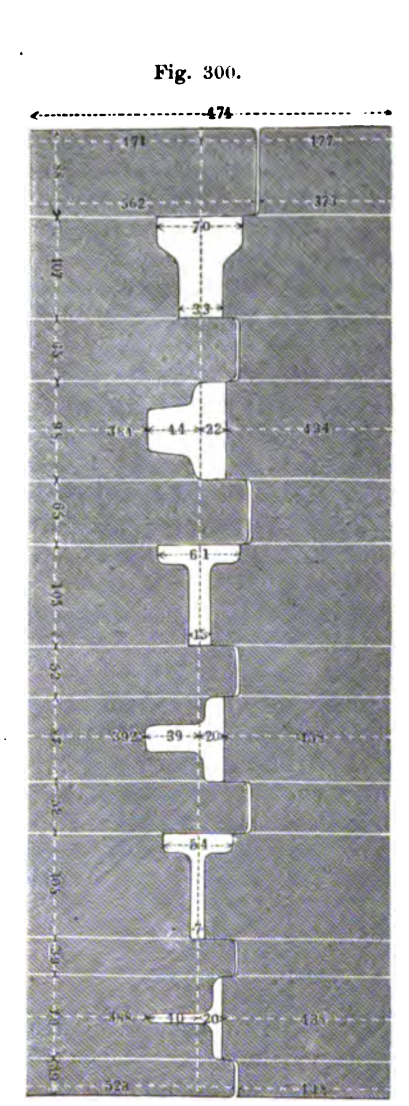
Doppel-T-Eisen.

Eine Doppel-T-Eisen-Walze, Fig. 301 (a. f. S.), kann die Furchen immer nur in einer symmetrischen Anordnung enthalten; selbst die Einfügung von Stauchkalibern führt nicht weiter, da beide Füsse gleiche Breite erhalten müssen, also eine Ausbildung durch einen nur auf die Flanschen wirkenden Druck nicht möglich wird. Daher können die Füsse nur durch Seitendruck hinreichend gestreckt werden, und je breiter sie sind, um so ungünstiger ist die Arbeit. Man pflegt freilich in der

---

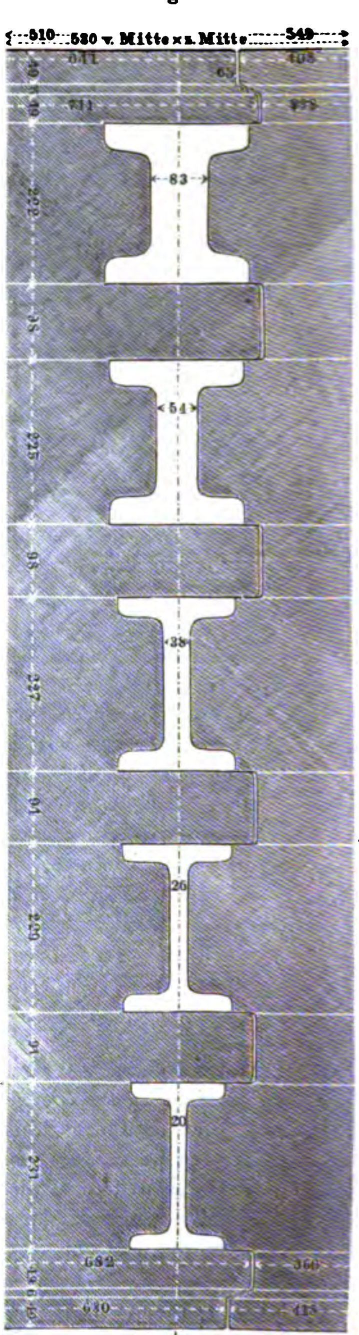
[1]) Petzold, Eisenbahnmaterial S. 46.

Fig. 300.



T-Eisen-Furchung.

Fig. 301.



Doppel-T-Eisen-Furchung.

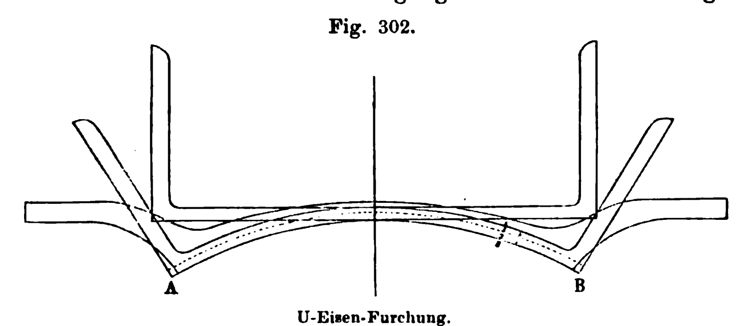
bereits S. 732 geschilderten Weise durch Packetirung vorzuarbeiten, aber dadurch die Haltbarkeit des Eisens nicht eben zu vermehren, sondern eher auf Kosten der Leichtigkeit der Walzarbeit noch zu vermindern. Die Breite der Kaliber muss selbstverständlich stets zunehmen und das Eisen vor jedem Durchgange um 180° gedreht werden.

Ein Umbiegen wie beim einfachen T-Eisen ist zwar ausführbar, aber die Benutzung eines vierstrahligen Sterns wesentlich durch den Steg erschwert. Man ist daher auf andere Einrichtungen bedacht geworden und hat das S. 803 beschriebene Universalwalzwerk mit gutem Erfolg namentlich für die Herstellung sehr schwerer Doppel-T-Eisen eingerichtet. Der Steg wird dann der Regel nach durch das horizontale Walzenpaar ausgebildet. Die Füsse erhalten ihre Streckung in einem folgenden Doppelpaar von Verticalwalzen.

U-Eisen und E-Eisen.

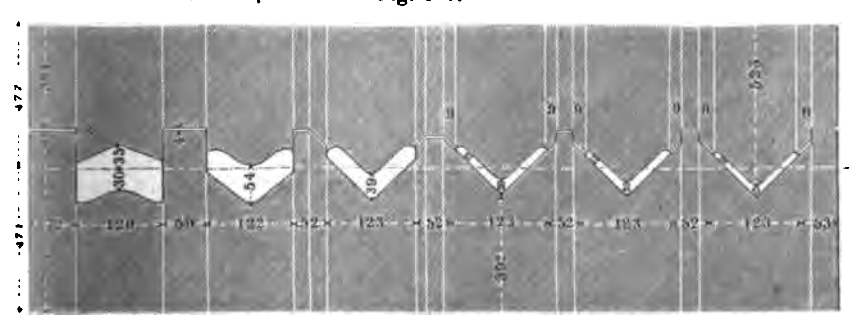
U- und E-Eisen sind viel einfacher zu walzen, sowohl im einfachen wie im Universalwalzwerk. In ersterem beginnt man die Furchung mit der Herstellung eines Flachstabes, welcher nur da, wo später die äusseren Ecken des Eisens zu liegen kommen, mit Wulsten versehen wird, um hinreichendes Material für die Umbiegung zu erhalten. Der Steg wird

Fig. 302.



U-Eisen-Furchung.

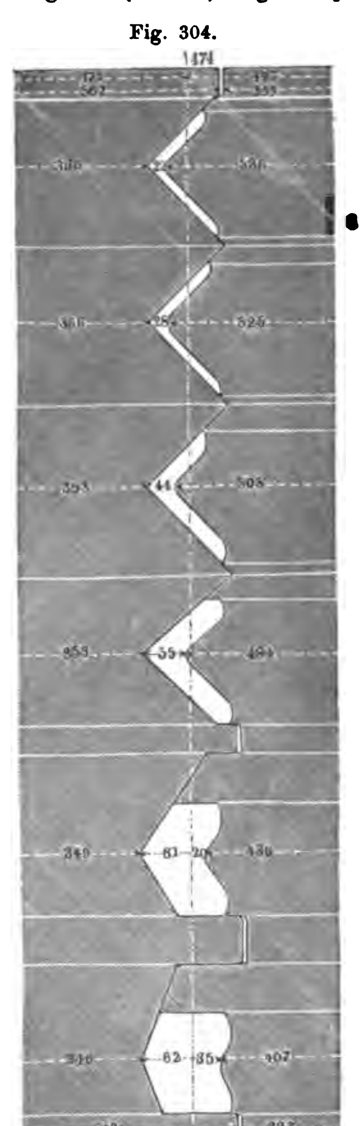
Fig. 303.



Furchung für gleichschenkliges Winkeleisen.

dabei häufig noch in schwachem Bogen gehalten. In der Fertigfurche biegt man dann den Steg gerade und die Füsse im rechten Winkel aufwärts, so dass eine eigentliche Streckung nicht mehr einzutreten braucht. Die Fig. 303 (a. v. S.) zeigt die Querschnitte der drei letzten Furchen.

Fig. 304.



Ungleichschenkliges Winkeleisen.

Winkeleisen.

Gleichschenkliges Winkeleisen macht keinerlei Schwierigkeit. Man walzt es zuerst in einem Kaliber vor, welches die convexe Seite nach oben hat, um den Aussenwinkel scharf auszubilden, dann ohne Drehung stets in derselben Lage. Eine Aufbiegung ist nicht erforderlich. Fig. 303 (a. v. S.) zeigt die Furchung für gleichschenkliges Winkeleisen.

Ungleichschenkliges Winkeleisen macht aus den bereits oben angeführten Gründen weit mehr Schwierigkeiten. Man kann es zwar dem gleichschenkligen analog ausbilden, wie Fig. 304 zeigt, thut aber besser, die Schenkel abwechselnd zu strecken, also jedesmal den einen horizontal zu legen, den anderen vertical zu stellen, falls der Winkel 90° betragen soll.

Ein Aufbiegen, ähnlich wie beim U-Eisen, erleichtert auch hier oft sehr die Walzarbeit.

Eisenbahnschienen.

Die Herstellung von Eisenbahnschienen aus homogenem Stoffe und mit symmetrischem Querschnitte nach verticaler und horizontaler Theilungslinie geschieht wie die des Doppel-T-Eisens, ist nur noch leichter wegen der

Abrundung der Köpfe und des Fortfalls scharfer Winkel an den concaven Seiten und kann daher übergangen werden.

Schwieriger ist die Furchung für Schienen aus *homogenem* Eisen (Schweiss- oder Flusseisen) mit *breitem Fusse* (*Vignolschienen*), welche gegenwärtig am gebräuchlichsten sind; am schwierigsten wird die Furchung, wenn das Material auch noch *verschiedenartig* sein, also wenn der Kopf aus *Feinkorn* oder *Stahl*, der Fuss aus weichem *Sehneneisen* bestehen soll.

a. Schienen aus Schweisseisen.

Da Eisensorten von verschiedenem Kohlenstoffgehalte durch *Schweissung* schwer zu verbinden sind, so ist bei der Anfertigung von Schienen aus *verschiedenartigem* Eisen in erster Linie stets auf vollkommene Ausführung dieses Processes zu sehen, weshalb auch in den Vorwalzen nur wenig mit der Formgebung begonnen werden kann. Die Packetbildung geschieht so, dass das Material des Kopfes etwas in den Steg eindringt, das des Fusses also die beiden Seiten des letzteren bildet. Bei der Ausbildung der Form macht die Erhaltung der Kopf- und Fusskanten, namentlich der letzteren, wegen der mangelhaften Streckung zwischen den Reibungsflächen Schwierigkeit. Deshalb pflegt man oft die Kanten, ebenso wie die Oberflächen von Kopf und Steg, aus doppelt geschweisstem Eisen zu bilden, während die Einlage in Rohstäben besteht. Ein solches Packet ist in Fig. 305 dargestellt.

Fig. 305.

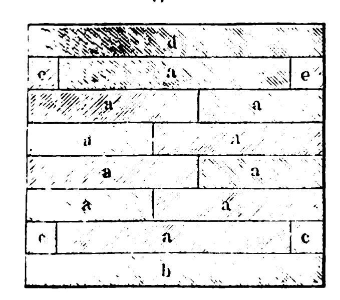
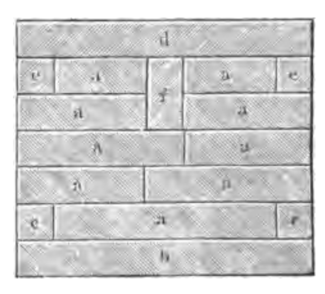


Fig. 306.



Schienenpackete aus Schweisseisen.

a bedeutet sehnige Rohschienen, welche in Verband gelegt sind, *b* eine doppelt geschweisste sehnige Fussplatte, *c* zwei doppelt geschweisste sehnige Eckstäbe, *d* eine doppelt geschweisste Puddelstahldecksplatte und *e* zwei doppelt geschweisste Puddelstahleckstäbe.

Noch innigere Verbindung gibt die Anordnung der Fig. 306, worin die Buchstaben das Gleiche wie in der vorhergehenden Figur bedeuten, *f* dagegen einen aufrecht gestellten Puddelstahlstab bezeichnet.

Eine etwas abweichende Packetirung ist folgende [1] (Fig. 307): Der Kopf besteht aus einer Feinkorndeckplatte, welche in zwei Hitzen aus körnigen Luppenstäben, die ein Packet von 240 mm im Quadrat bildeten, hergestellt ist und 37·5 mm Stärke besitzt. Der Fuss wird von zwei aufrecht stehenden Sehnenschienen umfasst, welche aus Luppenstäbenpacketen von 125 mm im Quadrat hergestellt worden waren.

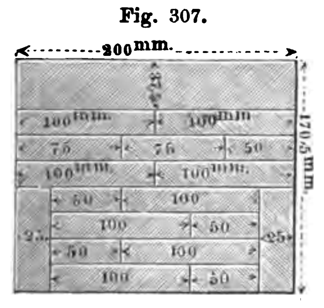
Das Packet dient zu Vignolschienen von 6 m Länge (20′), wiegt bei einer Länge von 1·070 m 280 Kg und ist in der folgenden Weise zusammengesetzt, wobei bemerkt werden muss, dass die Differenz der zusammengesetzten Stabstärken und der wirklichen Packethöhe 30 mm betrug, ein Maass, welches also den Zwischenräumen zufällt.

	Bezeichnung der Theile	Breite mm	Dicke mm	Länge mm	Gewicht Kg
1.	eine körnige Deckplatte (fer corroyé)	200	37·5	1070	62
2.	eine Lage aus körnigen Rohschienen (fer grenu)	2 × 100	19	1070	30
3.	eine Lage aus körnigen Rohschienen (fer grenu)	{2 × 75, 1 × 50}	19	1070	30
4.	eine Lage aus halb körnigen, halb sehnigen Rohschienen (fer métis)	2 × 100	19	1070	25
5.	eine Lage aus sehnigem Eisen (fer fort)	{1 × 50, 1 × 100}	19	1070	24·5
6.	eine Lage desgl.	{1 × 100, 1 × 50}	19	1070	24·5
7.	eine Lage desgl.	{1 × 50, 1 × 100}	19	1070	24·5
8.	eine Lage desgl.	{1 × 100, 1 × 50}	19	1070	24·5
9.	zwei hochkantige, doppelt geschweisste, sehnige Stäbe (fer corrogé à nerfs)	2 × 75	27	1070	33
				Gesammtgewicht	278
				oder rund	280

[1]) Petzoldt, Eisenbahnmaterial. S. 16.

Da die Schienen 215 Kg wogen, so wurden an Schweissabgang und Verlust durch Enden sowie durch Lochung 65 Kg verloren, d. h. 23 Proc.

Fig. 307.



Schienenpacket.

Zum Schweissen der Packete dienen Schweissöfen, welche neuerdings fast ausnahmslos mit Gas betrieben und auf Regeneratoren eingerichtet werden. Für dieselben empfiehlt es sich eine mechanische Ausziehvorrichtung anzuwenden, welche in einer an einer Kette befestigten Zange besteht und durch eine hydraulische, eine Dampf-Maschine oder einen Handhaspel bewegt wird.

Die Schweissöfen sind der Regel nach auf fünf Packete eingerichtet. Jeder Ofen hat dann 2·5 m Länge, 1·5 m mittlere Breite im Herde. Er gestattet sechs Hitzen in 12 Stunden zu machen, also 30 Schienen auszuwalzen. Hiernach braucht man zur vollen Beschäftigung eines Schienenwalzwerks vier bis sechs Oefen, also 120 bis 180 Schienen. Das Maximum dürfte acht Oefen sein, d. h. 240 Schienen.

Die Packete müssen mit der Deckplatte nach unten in den Ofen gesetzt, dann aber gewendet werden. Um ein Auseinanderfallen der Stäbe zu verhüten, wird jedes Packet mit zwei Drähten, welche rothglühend sind und sich daher beim Erkalten scharf anziehen, umwunden.

Sind die fünf Packete eingesetzt, so wird zuvörderst der Ofen geschlossen und 45 bis 60 Minuten geheizt. Dann folgt das Wenden des der Feuerbrücke zunächst liegenden Packets, so dass der Fuss nach unten kommt. Nach 20 Minuten erneuten Wärmens ist das Packet fertig zum Herausziehen. Jetzt kommt Nr. 2 an seine Stelle, nachdem es ebenfalls um 180° gedreht worden war u. s. f., so dass alle Packete schliesslich die letzte Zeit vor dem Herausnehmen nahe der Feuerbrücke, also in intensivster Hitze gelegen haben.

Man rechnet im Durchschnitt 45 Kg Steinkohlen auf 100 Kg fertige Schienen.

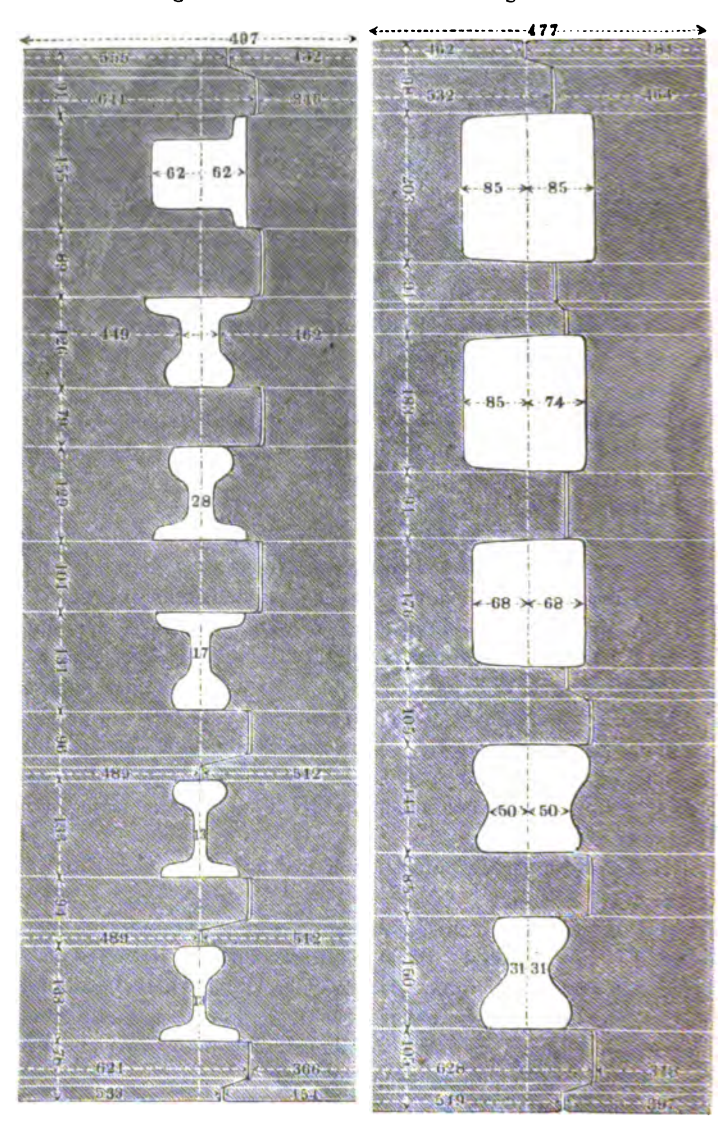
Mit gutem Erfolg für die Ersparung von Brennmaterial hat man neuerdings die für 10 bis 12 Packete eingerichteten Bicheroux'schen Oefen (nach S. 714) angewendet. Hier werden die Packete beständig von der kältesten zur heissesten Seite vorgerückt. Es kann also ununterbrochen gearbeitet werden (vergl. S. 721). Dabei findet beim Vorrücken ebenfalls eine jedesmalige Wendung um 180° statt.

Die Furchung der Walzen für Schienen bietet ein gutes Beispiel für derartiges complicirt begrenztes Stabeisen überhaupt.

Die Figuren 308 und 309 (a. f. S.) zeigen die Vor- und Fertigwalzen für eine Schiene mit breitem Fusse. Man sieht, dass in der Vor-

walze auf die drei eigentlichen Schweisskaliber noch zwei mit schwachem Beginn der Formgebung folgen; sodann wird durch ein Frei- und Stauchkaliber in der Fertigwalze der Schienenfuss allein gestreckt und darauf die

Fig. 308. Fig. 309.

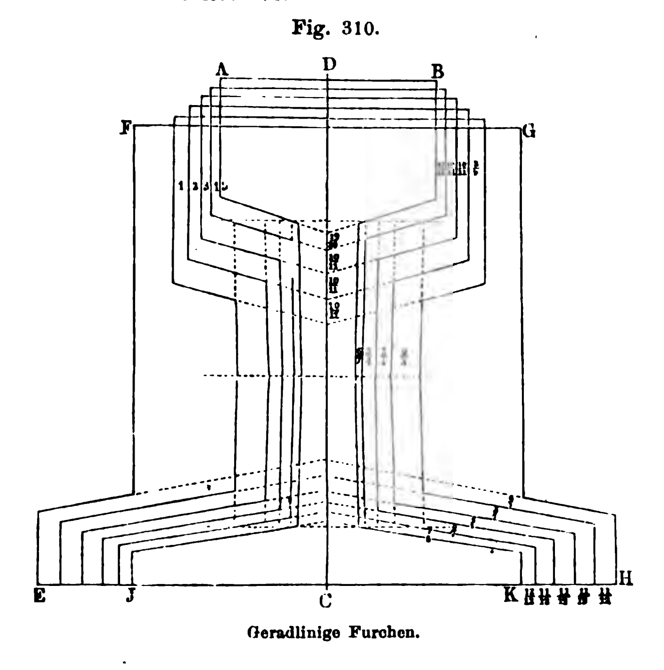


Fertig-Walze. Vorwalze.

Schienen-Furchung.

Schiene ausgearbeitet. Die beiden letzten Furchen sind gleich und eine derselben dient nur als Reserve.

Fig. 310.



Geradlinige Furchen.

Fig. 311.

Abgerundete Furchen.

Die Construction ergiebt sich am besten aus einem Aufeinanderlegen der verschiedenen Furchen, wie dies in den Figuren 310 und 311 (s. vor. S.) nach Daelen's Angabe erfolgt ist.

Man muss zu dieser Construction zuerst die mit Nr. 5 bezeichnete Furche aufzeichnen und zwar als Warmkaliber, d. h. mit Berücksichtigung der Schwindung. Dies wird in eine geradlinige Figur umgewandelt (*A*, *B*, *K*, *I* der Fig. 310). Die davor liegenden Kaliber nehmen an Breite ab, an Höhe zu und zwar nach den eingeschriebenen Verhältnisszahlen. Die Breitung im Ganzen, d. h. der Abstand der hier am Kopfe abgetragenen Horizontalen von einander beträgt jedesmal 2·18 mm. Statt des sechsten Kalibers aufwärts, also des auf Nr. 1 folgenden, dient nun das Stauchkaliber *EFGH*, dessen Fuss dem entsprechenden Theile der anderen Furchen analog gebildet ist, welches auch in der Höhe die entsprechende Veränderung besitzt, dagegen im Uebrigen ganz frei ist.

Die so mit geradlinigen Conturen erhaltenen Kaliber werden sodann für die Walzen entsprechend abgerundet, wie Fig. 311 zeigt.

In der Fertigwalze geht also die Schiene, nachdem sie das Stauchkaliber verlassen hat, um 90°, dann stets um 180° gewendet, fort.

Das Packet tritt der Regel nach mit senkrecht stehenden Stäben in die Vorwalze ein, damit die einzelnen Stücke recht eng an einander gestossen werden, was nach erfolgter Schweissung, d. h. nach einmaligem Durchgange, nicht mehr möglich sein würde. Bei sorgfältiger Bindung lässt man das Packet indessen auch wohl in richtiger Lage, die Fussplatte nach oben, durch die erste Furche gehen.

Ein Schienenwalzwerk für Schweisseisen bedarf 120 Pferdestärken, macht beim Beginn des Walzens eines Packets 120 Umdrehungen und sollte sich bis zum Austritt des Eisens aus der letzten Furche nicht auf weniger als 50 ermässigen dürfen. Die Walzen haben 55 cm Durchmesser und ca. 1·7 m Länge.

Die Fig. 312 zeigt ein Schienenwalzwerk von Ebbw Vale in Süd-Wales [1]) in Grundriss, Vorder- und Seitenansicht.

Das Ueberheben bei derartigen nur mit Zwillingswalzen versehenen Walzwerken geschieht vermittelst Haken, welche drehbar an dem Ende einer Kette oder einer Rundeisenstange aufgehängt sind. Die Kette oder Stange ist an einem kleinen Wagen befestigt, welcher auf Schienen oberhalb des Walzwerks entlang läuft und daher bequem vor jede Furche gebracht werden kann. Gleiche Vorrichtungen dienen auch zum Halten der Schienen bei ihrer Einführung in die Furchen.

b. Schienen aus Flusseisen.

Flusseisenblöcke [2]) werden durch Hämmer oder Walzen zuvörderst gedichtet und so weit ausgereckt, als erforderlich, um sie bequem

---

1) Percy, Iron p. 789.
2) Vergl. S. 789 und 795.

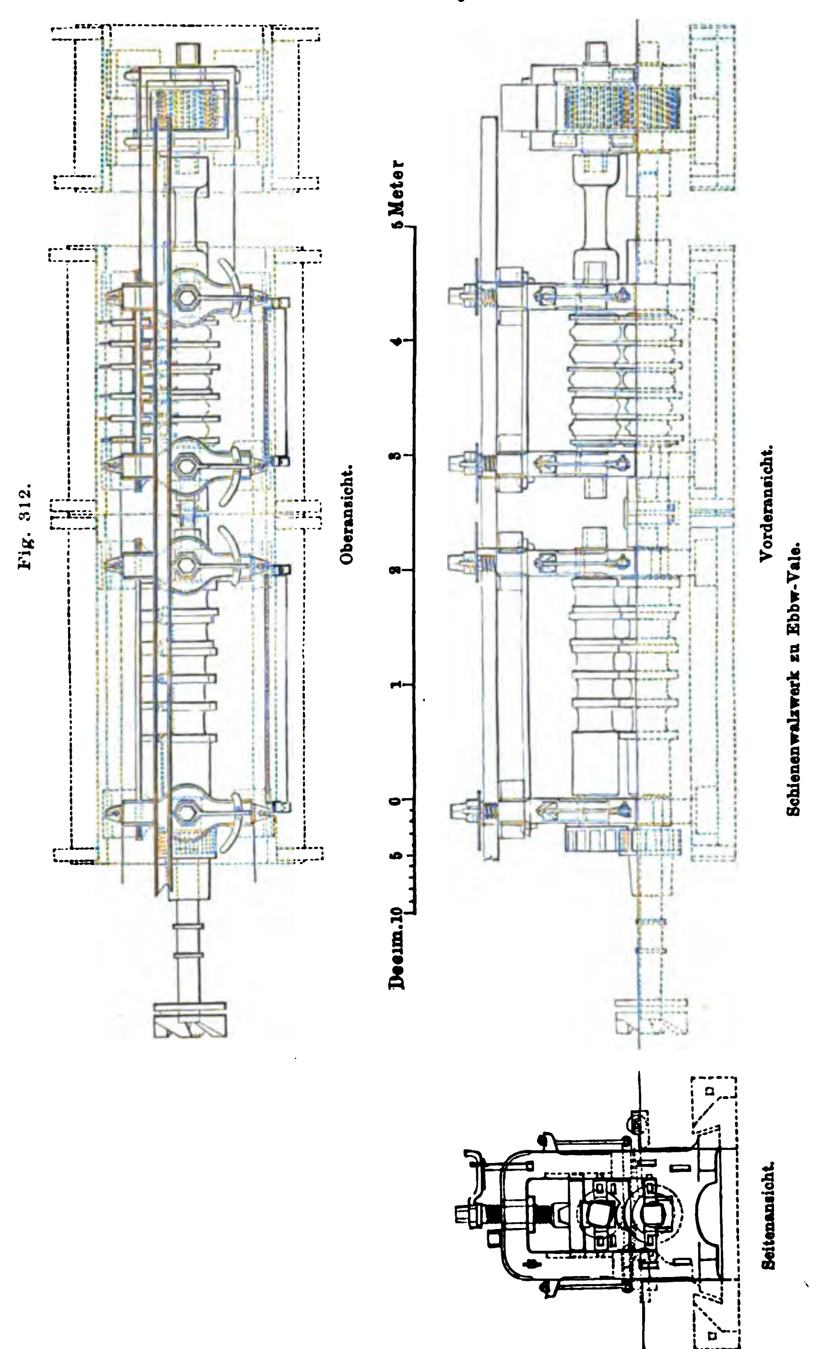


Fig. 312.

Schienenwalzwerk zu Ebbw-Vale.

mit einer Hitze auswalzen zu können. Das Hämmern hat den Vorzug, schadhafte Stellen entfernen zu können, das Walzen den der grösseren Billigkeit. Es empfiehlt sich, des geringeren Abfalls an Enden wegen, aus den vorgearbeiteten Blöcken die Schienen in ganzer Länge, d. h. doppelt oder dreifach so lang, als sie für den Bedarf erforderlich sind, zu walzen und dann durchzuschneiden. Die Theilung des Blockes vor dem Walzen gestattet zwar die Anwendung von schwächeren Walzwerken, gibt aber wegen der entsprechend grösseren Zahl von Enden bedeutenderen Verlust.

Das Ausheizen der vorgehämmerten oder vorgewalzten Blöcke geschieht der Regel nach in Gasöfen mit Regeneratoren. Ein Ofen nimmt 7 bis 8 Blöcke auf und ist dazu im Herde im Durchschnitte 2·75 bis 3 m lang, 1·75 m tief, 0·66 m hoch. Das Einsetzen und Herausnehmen geschieht am besten mit Hülfe von mechanischen Vorrichtungen. In Nordamerika pflegt das Einsetzen mit Hand, das Herausziehen mechanisch zu geschehen. Ein Generatorgasofen gestattet 6 bis 7 Hitzen ohne Verschiebung der Blöcke, versorgt also ein Walzwerk, so dass man nur noch eines Reserveofens zum Wechseln bei Reparaturen bedarf. Das gleiche Resultat kann man mit Bicheroux-Oefen erreichen, wenn man die Blöcke gleichmässig fortrollt, d. h. nach der Herausnahme des an der Feuerbrücke liegenden die übrigen um je 90° dreht und an dem Fuchse jedesmal einen frischen Block einsetzt.

Eine Flusseisenschiene hat der Regel nach 12, aber auch 13, selbst 17 Furchen in einer Hitze zu durchlaufen. Man sieht, welch grosser Vortheil in einer guten, die Zahl der Kaliber vermindernden Furchung liegen muss.

Das Ueberheben und Zurückgeben der Schiene ist hier wegen des Wärmeverlustes ganz besonders zu vermeiden und man ist deshalb jetzt wohl ausnahmslos auf Triowalzen oder auf reversirende Walzwerke gekommen.

Die Vorwalze kann ohne Bedenken mit über einander liegenden wirksamen Furchen eingerichtet werden, sehr schwierig ist dies indessen bei den Fertigwalzen. Daelen hat aber auch hier Rath und Wege gewusst, indem er die Hälfte zweier nicht unmittelbar auf einander folgender Kaliber auf die Ober- und Unterwalze legt und die Mittelwalzen mit einer Furche versieht, deren Querschnitt das Mittel aus den beiden Hälften ist.

Hierbei geht freilich die Freiheit für Breitung verloren, und dies ist wohl der Grund, weshalb sich diese Einrichtung wenig Eingang verschafft hat und man es meist vorzieht, die Vorwalzen im gemeinschaftlichen Furchen-Trio, die Fertigwalzen aber mit abwechselnden Furchen in Ober- und Unterwalze anzulegen.

Noch jetzt ist der Durchschnitt der Walzarbeit für eine Schiene 3 Minuten, aber es giebt Werke (so z. B. mehrere nordamerikanische), welche nur 1 Minute dazu brauchen und zuweilen (z. B. bei Fr. Krupp in Essen, wo 1700 Stück über 7·7 m lange Schienen im Gewichte von 26·4 Kg pro laufenden Meter in 24 Stunden gewalzt werden) noch weniger, und zwar bis zu 51 Secunden hinab. In Lackawanna stellt

man eine Schiene in 77 Secunden, einschliesslich aller Störungen, her.

Die Walzen lässt man bis zu 170 Umdrehungen in der Minute machen. Zu einem Schienenwalzwerk gehören durchschnittlich 22 Arbeiter.

Verarbeitung alter Eisenbahnschienen.

Nachdem jetzt die Flusseisenschiene so gut wie allgemein eingeführt ist, spielt eine wichtige Rolle die Aufarbeitung der alten, meist aus zwei Eisensorten bestehenden Schweisseisenschienen.

Am günstigsten würden sich dieselben zwar im Flusseisenflammofen verarbeiten lassen, aber die meisten sind zu phosphorreich dazu.

Eine Packetirung macht sich nicht nur der Form wegen recht ungünstig, sondern es werden dabei auch die verschiedenen Eisenarten ungleichförmig und zum Theil in ganz falscher Weise vertheilt.

Aus diesem Grunde schneidet man am besten die Köpfe der Länge nach ab und streckt dann Köpfe und Füsse besonders zu Flacheisen aus, welches wieder packetirt wird. Auch hat man Schneidewalzen eingerichtet, welche Kopf, Steg und Fuss von einander trennen. Geringere Mengen von Schienen lassen sich dadurch verwerthen, dass sie einfach in starken Schweisshitzen zu Schienen kleineren Querschnitts, z. B. zu solchen für Grubenbahnen, ausgereckt werden.

Je höher die Schweisstemperatur bei der Verarbeitung derartiger alter Eisensorten ist, um so günstiger fällt das Product aus, aber die Schweissung wird doch selten eine vollkommene. In angeätzten Querschnitten kann man stets die Umrisse der einzelnen Stücke verfolgen, oft z. B. die alten Schienen in verjüngtem Maassstabe genau wahrnehmen.

Flusseisen-Schienenenden und Reste lassen sich ohne Schwierigkeit entweder in der Bessemerbirne oder im Flusseisenflammofen als Zusatz verwenden, oder nöthigenfalls im Kupolofen mit dem Roheisen für den Bessemerbetrieb verschmelzen.

Radreifeneisen.

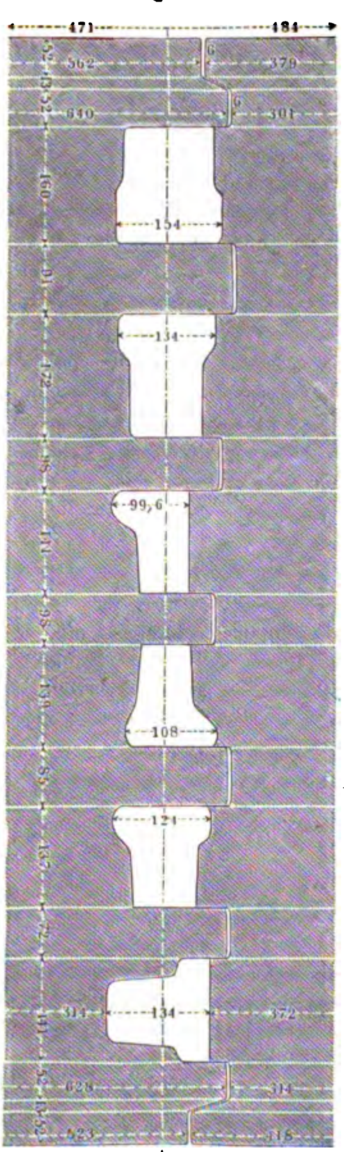
Die Herstellung des Radreifeneisens scheint auf den ersten Blick mancherlei Schwierigkeiten zu bieten, da der Querschnitt ein durchaus unsymmetrischer ist, aber die geringe Abweichung von einem vollen Trapez hebt diese Schwierigkeit hinreichend auf.

Die Furchung einer Radreifenwalze ist in Fig. 313 (a. folg. S.) dargestellt.

Es wird, wie man hiernach sieht, stets zuerst eine symmetrische Form ausgebildet und dann erst in die unsymmetrische Form über-

geführt. Die beiden Kaliber links (in der Figur oben) beginnen die Arbeit, dann folgt das ganz rechts liegende Stauchkaliber, hiernach folgen wieder die liegenden Kaliber links davon und erst im dritten von links an gerechnet erfolgt die vollkommene Ausbildung.

Fig. 313.



Radreifen-Furchung.

Die Herstellung des Radreifeneisens ist in Folge der Einführung ungeschweisster Radreifen fast ganz verdrängt worden.

Keilförmiges Stabeisen.

Wenn ein Eisenstab allmälig zu- oder abnehmende Dimensionen im Querschnitt erhalten soll, also einfach oder doppelt keilförmig oder conisch gestaltet sein soll, so lässt sich dies durch Walzarbeit auf zweierlei Weise erreichen; entweder verändert man den Abstand der Walzen während der Arbeit, sei es durch Hand, sei es durch mechanische Mittel, im letzteren Falle der Regel nach durch Wasserdruck, oder man schneidet ein entsprechend keilförmig oder conisch geformtes Kaliber ein. Das erstere Verfahren gestattet bei Anwendung eines Walzenpaares selbstverständlich nur eine Aenderung der Höhendimensionen, wie das z. B. für Schiffsrippeneisen erforderlich ist. Soll auch die Breitendimension verändert werden, so muss man zwei Paar Walzen, also ein Universalwalzwerk benutzen. Das zweite Verfahren kann mit Vortheil nur für Eisenstäbe angewendet werden, deren Länge nicht die Grösse der Walzenperipherie überschreitet, da das in sich zurückkehrende Kaliber mit seiner schwächsten und weitesten Stelle aneinanderstösst.

Gewehrläufe hat man unter Anderem auf solche Weise gewalzt;

jedoch bleibt das Verfahren immer nur von ganz beschränkter Anwendung.

Das Eisen wird in den stärksten Theil des Kalibers eingeführt, sobald derselbe sich grade dem Arbeiter gegenüber befindet.

Man hat zwar keil- oder kegelförmige Kaliber auch spiralförmig eingedreht und dadurch eine grössere Länge zu erzielen gesucht, aber die Aufeinanderpassung der beiden Kaliberhälften macht allzugrosse Schwierigkeiten.

Gemustertes Eisen.

Einschnitte oder Eingravirungen in die Druckflächen der Furchen übertragen sich als Vorsprünge auf das Walzeisen. Dies benutzt man ganz allgemein zur Auftragung der Firma des Walzwerkes auf Schienen und andere Eisensorten, sodann zur Herstellung verzierten Eisens, welches namentlich in Belgien bei Charleroi hergestellt und zu Bettstellen, Treppenwangen, Gardinenstangen etc. benutzt wird.

Dasselbe Verfahren benutzt man auch, um Eisen für die Speichen der sogenannten Segmenträder zu Eisenbahnwagen und ähnliche Formen herzustellen. — Ein Eisenbahnspeichenrad wird nämlich aus Sectoren zusammengefügt, deren jeder zwei Speichen und den zwischen liegenden Theil des Radkranzes umfasst. Das Eisen muss daher an je zwei Stellen umgebogen werden. Zu diesem Zweck giebt man dort eine reichlichere Menge Eisen in Form von Vorsprüngen. Diesen Vorsprüngen entsprechende Vertiefungen meisselt man in den Walzenmantel ein und erhält so längere Stäbe mit je paarweis wiederkehrenden Erhöhungen. Diese schneidet man auseinander und bekommt das gewünschte Speicheneisen.

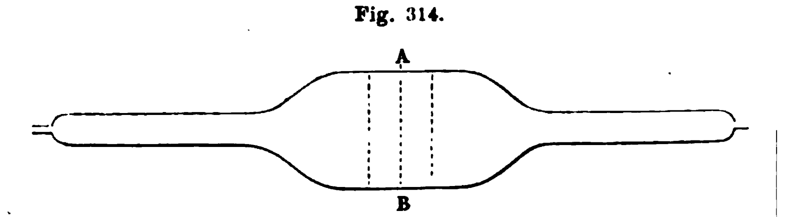
Andere Gegenstände dieser Art sind schmiedeiserne Unterlagsplatten für Eisenbahnschienen, eiserne Querschwellen, kurz alle Eisensorten, welche im Allgemeinen einen Flachstab mit wiederkehrenden einzelnen Erhöhungen darstellen. Man muss auf das leichte Auslösen des Eisens aus den die Erhöhungen bildenden Vertiefungen im Walzenmantel Rücksicht nehmen und die letzteren daher stark verjüngt einmeisseln oder giessen.

Rädereisen.

Der um die Entwickelung des Walzwerks so verdiente frühere Oberingenieur zu Hörde, Daelen, hat auch eine Methode angegeben, um Rotationskörper rechtwinklig zu ihrer Axe auszuwalzen. Zu dem Zweck wird in vertical verstellbaren Walzen der Querschnitt des Rotationskörpers als Furche eingedreht. So kommt z. B. für die Herstellung einer Scheibe für Eisenbahnwagenräder in jede der beiden Walzen die Hälfte

des Querschnitts rechtwinklig zur Axe, so, dass die Furche als offenes Kaliber erscheint, wie die nachstehende Figur 314 verdeutlicht. Das

Fig. 314.

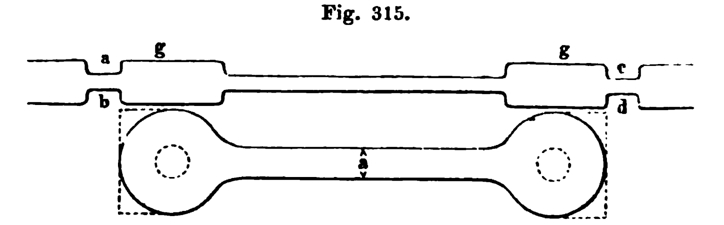


Eisenstück wird roh vorgeschmiedet und nun so durchgewalzt, dass es nach jedem Durchgang um einen kleinen Winkel (ca. 30°) um seine Rotationsaxe AB gedreht wird. Dadurch erfolgt also eine Streckung nach allen Seiten. Nach sechsmaligem Durchgang wird das Kaliber zusammengeschraubt und dann die Operation wiederholt.

Eisen von ungleicher Breite.

Es giebt Eisenformen, welche sich in einer gewöhnlichen gefurchten Walze nicht herstellen lassen, weil zwar die Höhe des Stabes überall gleich ist, nicht aber die Breite. Hierhin gehören z. B. die Glieder von Brückenketten, welche die nachstehende Form (Fig. 315) besitzen. Solche Stücke werden in zwei Reihen von Furchen ausgebildet. Zuvörderst wird ein Stab von der Breite des Mitteltheils (a) einfach ausgewalzt, aber

Fig. 315.



nach Art des gemusterten Eisens an denjenigen Theilen, welche den breiteren Enden des Kettengliedes entsprechen sollen, durch Vertiefungen in den Walzen mit dickeren Theilen versehen (g, Fig. 315); sodann erfolgt das Zerschneiden an den entsprechenden Orten ab, cd u. s. w.

Jedes einzelne Stück geht nun der Breite nach durch eine zweite Reihe von Kalibern, welche in der Mitte frei sind, daher dort nicht mehr strecken, sondern nur an den beiden Seiten arbeiten. Hierdurch werden die Vorsprünge in der Querrichtung ausgestreckt und erhalten die erwünschte Breite.

Durch die Zuhülfenahme derartiger Kunstgriffe und unter Benutzung der Methode des Umbiegens in freien Furchen kann man sehr mannigfaltige und nach der Vollendung scheinbar für die Walzarbeit unmögliche Eisenprofile herstellen.

. Die Fertigstellung des Profileisens.

Die fertigen Stäbe kommen nicht hinreichend geradlinig aus den Walzen, um nicht eine nachträgliche Richtung zu erfordern. Bei Eisen von symmetrischem Querschnitte erfolgt die Abkühlung gleichförmig von allen Seiten. Man kann daher das Eisen sofort in genaue Richtung strecken und es sich dann selbst überlassen; bei complicirten Querschnitten genügt das indessen nicht, selbst wenn die Abkühlung sehr vorsichtig und langsam erfolgt.

Das Richten geschieht der Regel nach einfach durch Aufschlagen des Stabes, den an jedem Ende ein Arbeiter mit der Zange packt, auf die gusseisernen Platten der Hüttensohle. Zweckmässig, aber noch wenig benutzt sind mechanische Hülfsmittel.

Man lässt über das Eisen, welches auf einer seiner Unterfläche entsprechenden, also z. B. beim Winkeleisen furchenförmigen Unterlage ruht, eine der Oberfläche entsprechende Walze laufen, die es an die Unterlage fest andrückt. Diese Walze wird zweckmässig auf ein mit Rädern versehenes Gestell gelegt, welches auf erhöhten Schienen läuft, so dass der Walzendruck nur auf dem zu streckenden Eisen voll lastet, während im Uebrigen die Walze frei schwebt. Die Bewegung der Walze erfolgt am besten vermittelst einer Kette durch Dampf- oder Wasserkraft. Sie muss so lange hin- und hergeführt werden, bis eine hinreichende Erkaltung des Eisenstabes eingetreten und eine nachträgliche Verbiegung nicht mehr zu fürchten ist.

Bei Flusseisenstäben genügt dies Verfahren zur Erzielung ganz gerader Stäbe nicht immer, namentlich nicht für die unsymmetrischen Profile, wie Winkeleisen. Man hat daher hierfür Pressen eingeführt, welche das Eisen einklemmen und gerade richten.

Lässt man die beiden Backen einer solchen Presse, welche durch hydraulischen Druck gegen einander bewegt werden, in der ganzen Länge des Stabes gleichzeitig wirken, so werden Unebenheiten eingepresst und ungleiche Spannungen erzeugt. Es ist deshalb nothwendig, die bewegte Backe gegen die festliegende allmälig anzudrücken und so den Stab von einem Ende zum anderen nach und nach einzuklemmen.

Bei Eisenstäben, welche wie Eisenbahnschienen in Folge ihrer Form sich beim Erkalten in ganz bestimmtem Sinne krümmen würden, falls sie vorher gerade gestreckt waren, muss man im warmen Zustande die umgekehrte Krümmung (bei Fussschienen also gegen den Kopf) absichtlich herbeiführen. Auch bei dieser Biegung wendet man theils Hand-

arbeit an, wobei die Schiene auf eine passend geformte Unterlage, die meist in einem rostförmigen Lager von Unterlagsschienen besteht, aufgestaucht und dadurch gebogen wird, theils benutzt man mechanische Mittel, wobei der Stab gegen eine festliegende Modellplatte vermittelst einer Reihe von Daumen oder Rollen angedrückt wird.

Zuweilen erhalten die Stäbe, wie Eisenbahnschienen, nach dem Erkalten unter Stempelpressen noch eine ganz genaue Geradrichtung, aber diese kostspielige Handarbeit liesse sich wahrscheinlich durch zweckmässige mechanische Vorrichtung, welche wie die vorher beschriebene Presse den Stab während des Erkaltens richten, überall ersetzen.

Die Enden der Stäbe sind stets unganz und müssen abgeschnitten werden; dies geschieht im warmen Zustande zum Theil durch Scheren, welche bei der Blechfabrikation weiter erläutert werden sollen, theils und hauptsächlich durch Sägen. Die Sägen bestehen aus gezahnten, schnell rotirenden Scheiben, welche durch stehende oder rotirende Dampfmaschinen (Dampfturbinen), im ersten Falle mit Riemenübertragung, im zweiten Falle direct, in Umdrehung gesetzt werden. Die Sägeblätter haben 80 bis 130 cm, durchschnittlich 100 cm Durchmesser, 3 mm Stärke [1]) und machen 800 bis 1200 Umdrehungen in der Minute.

Hat man stets oder wenigstens für einen grösseren Zeitraum gleich lange Stäbe (z. B. Eisenbahnschienen) zu fertigen, so können beide Enden gleichzeitig abgesägt werden, und in solchen Fällen sitzen zuweilen beide Sägeblätter auf einer Welle.

Der Regel nach wird der Stab auf einen Schlitten gelegt und gegen die Säge geführt, jedoch hat man auch bewegliche Sägen, welche entweder aus Schlitzen aus dem Boden der Hütte aufsteigen, oder pendelartig an Armen aufgehängt sind, in welchen Fällen also die Sägeblätter gegen den Stab bewegt werden.

Die Herstellung der Sägeblätter aus einem Stück ist so einfach, dass es sich kaum lohnt, complicirte Constructionen, wie die Zusammensetzung aus einzelnen Sectoren, oder die Einfügung auswechselbarer Zähne, anzuwenden.

Der Transport der Stäbe vom Walzwerk zu den Sägen, von dort zum Warmlager, dann zum Kaltlager, endlich zum Verladeplatz geschieht zwar gewöhnlich durch Handarbeit, bei grösseren Anlagen aber weit besser durch mechanische Vorrichtungen. Diese letzteren bestehen in Rollen, welche aus der Hüttensohle hervorragen und in eine der Bewegungsrichtung entsprechende Umdrehung versetzt werden. Sie müssen in solchen Entfernungen angelegt werden, dass der Stab stets auf mindestens zweien aufliegt. Zuweilen wird die Bewegung auch durch Haken ausgeführt, welche hinter einen oder mehrere Stäbe greifen und vermittelst

---

[1]) Die Zähne stehen nicht geschränkt, sondern das Sägeblatt ist biconcav geschmiedet, also am Rande am stärksten. Die Vorderkante der Zähne ist radial, die Hinterkante gegen die Vorderkante etwa um 50° geneigt.

einer Kette von einer hydraulischen oder einer Dampf-Maschine an den Ort der Bestimmung herangezogen werden.

Einzelne Sorten Stabeisen, so manches Baueisen, namentlich aber Radreifeneisen, bedürfen noch einer Biegung, welche zwischen drei rotirenden Rollen erfolgt. Doch hiermit beginnt schon die eigentliche Eisenfabrikation, wenn auch hin und wieder dergleichen Manipulationen noch auf Eisenhüttenwerken ausgeführt werden.

6. Endloses Stabeisen.

Unter endlosem Stabeisen versteht man ein solches, welches entweder ohne Schweissung in Ringform gebracht, oder nachdem es geschweisst ist, in Ringform weiter verarbeitet wird.

Das endlose Stabeisen kommt in der Praxis kaum anders als zur Herstellung von Eisenbahnradreifen, und in untergeordneterem Maasse zu Verstärkungsringen für Flammrohrdampfkessel vor.

Geschichtliches [1]) über die Herstellung der Radreifen. Die Radreifen (Radkränze, Tyres, Bandagen) der Eisenbahnfahrzeuge wurden früher allgemein so dargestellt, dass ein Schmiedeisenstück oder Packet zu einem Stabe von dem erforderlichen Querschnitt ausgewalzt, und die Enden des auf genaue Länge geschnittenen und gebogenen Stabes zusammengeschweisst wurden (vergl. Seite 825). Die starke Abnutzung, welcher die Radreifen ausgesetzt sind, führte indessen gleichzeitig mit der Anwendung eines harten Materiales für den Kopf der Schienen zur Benutzung von Feinkorn- oder Puddelstahl. Da aber bekanntlich mit der Zunahme an Kohlenstoff im Eisen dessen Schweissbarkeit abnimmt, so entstanden durch die Unhaltbarkeit der Schweissstellen vielfach Unglücksfälle, welche zwar durch sorgfältige Arbeit beim Schweissen verringert, aber dennoch nicht ganz vermieden werden konnten. Man versuchte daher zuvörderst die Schweissstelle vom Umfange des Rades in dessen Körper zu verlegen, und es ist zuerst von Bodmer 1839, dann von Bramwell im Jahre 1844 eine Methode vorgeschlagen worden [2]), welche nachmals noch oft verschiedenen Engländern (z. B. Cowper 1850 [3]), Milward 1861 [4]), Plum 1864 [5]) patentirt worden ist, obschon sie inzwischen vielfach Eingang und Verbreitung gefunden

---

[1]) Unter Benutzung von Mittheilungen des Herrn Vital Daelen, jetzt zu Berlin.

[2]) London Journal of arts 1865, S. 244.

[3]) Patent 23. Mai 1850.

[4]) Patent 27. April 1861.

[5]) Derselbe wandte Stäbe mit wachsendem Querschnitte an.

hatte, 1856 von Jackson, Petit et Gaudet in Frankreich und bald darauf von Owen zu Rotherham in Yorkshire, auf mehreren Hütten in Südwales und auch auf rheinischen und westfälischen Werken eingeführt wurde. Diese Methode beruht darauf, dass ein Feinkorneisen- oder Puddelstahlstab von oblongem Querschnitt in warmem Zustande spiralförmig auf einen Dorn gewickelt und so ein aus mehreren Windungen bestehender Ring (*coil*) gebildet wird. Wird dieser nun geschweisst und ausgearbeitet, so liegen die Verbindungsstellen parallel, nicht rechtwinklig zur Peripherie des Radkranzes und sind daher, selbst wenn sie sich lösen, ungefährlich.

Mit der Anwendung solcher Ringe (*helical coils*, *weldless hoops*) entstand, wenn man den Radreifen nicht durch langwierige und kostspielige Arbeit des Hämmerns vollenden wollte, die Nothwendigkeit, Walzwerke zu construiren, welche die Ausarbeitung eines kreisförmigen, geschlossenen Stückes ermöglichen.

Um jede Schweissnaht überhaupt zu vermeiden, verfiel Fr. Krupp in Essen im Jahre 1853 [1]) auf den Gedanken, einen auf irgend eine Weise hergestellten und bereits gehörig bearbeiteten Stahlblock in der Mitte zu spalten, indem zwei Bohrlöcher durch einen Sägenschnitt verbunden wurden, und ihn dann zu einem Ringe aufzubiegen, welcher über einen Dorn erweitert und schliesslich in die Form des Radreifens durch Walzen gebracht werden konnte.

Als man gelernt hatte, den Tiegelgussstahl direct in Formen zu giessen, wendete das Bochumer Gussstahlwerk diese Kenntniss dazu an, Ringe zu giessen und diese, nachdem sie dicht gehämmert waren, sofort auszuwalzen.

Ehe man gelernt hatte, diese Ringe hinreichend dicht zu pressen, hatte man zu Hörde zur Vermeidung der durch blasigen Guss entstehenden Mängel ein drittes Verfahren angewendet, welches darin bestand, einen vollen Block zu giessen, diesen gut auszuhämmern und dann erst durch Ausstanzen unter dem Hammer mit einem Loche zu versehen.

Seitdem nun die Darstellung des Flusseisens und Flussstahls durch den Bessemerprocess und den Flammofenflussprocess allgemein geworden ist, haben die beiden letzteren Methoden, namentlich aber die zweite, einen allgemeinen Eingang gefunden.

Nachdem Versuche bis zum Jahre 1862 [2]) im grossen Durchschnitt ergeben hatten, dass die Leistungen der Locomotivräder mit Reifen von Gussstahl oder Flussstahl zu solchen mit Reifen von Feinkorneisen sich verhalten wie 3·8 : 1 und dasselbe Verhältniss sich bei Eisenbahnwagenrädern = 2·4 : 1 herausstellte, war die Frage der Anwendung nur noch eine Frage des Kostenpunktes, welche sich indessen Jahr für Jahr

---

[1]) Erst 25. März 1861 nahm Spencer ein Patent auf die Herstellung von Tyres aus Gussstahlringen.

[2]) Vergl. die Zeitschrift deutscher Ingenieure 1862, S. 607.

mehr zu Gunsten des Stahls entschieden hat. Das vom preussischen Handelsministerium am 4. Februar 1862 ergangene Rescript an die Staats- und unter Staatsverwaltung stehenden Privat-Bahnen, dass

„Gusstahlradreifen [1]) für die Folge bei Locomotiven und Personenwagen ausschliesslich angewendet werden sollen“,

entschied die Frage für Preussen vollends. Wenn trotzdem lange Zeit hindurch noch viele Bahnverwaltungen einer Feinkorn- oder Puddelstahlbandage den Vorzug gaben, so lag das darin, dass man für Güterwagen und überhaupt mit Bremsen versehene Räder das weichere Material nicht entbehren zu können glaubte, weil die Stahlräder, wenn sie sich stark erhitzten, bei Regenwetter oder Berührung mit Nässe und zwar oft nur an einzelnen Stellen gehärtet wurden, sich daher ungleichmässig abliefen und häufiger abgedreht werden mussten, dabei aber schwieriger vom Meissel angegriffen wurden. Trotzdem stellte sich das Verhältniss schliesslich allgemein zu Gunsten des Flusseisens, nachdem man gelernt hatte, auch durch den Bessemerprocess ein Eisen von beliebigem Kohlenstoffgehalte, d. h. von jedem Grade der Weichheit herzustellen und dadurch die Nachtheile der Härtung zu vermeiden.

Walzenconstruction. Gleichgültig ob der Ring aus Schweisseisen oder aus Flusseisen hergestellt worden und welche Methode zu seiner Anfertigung benutzt war, so muss er nunmehr auf seinen eigentlichen Querschnitt ausgewalzt werden. Die Schwierigkeit dieses Auswalzens hat Veranlassung zur Anwendung des Hämmerns gegeben, und Vital Daelen [2]) hatte z. B. zu Wien im Jahre 1873 gehämmerte Radreifen von ganz vorzüglicher Beschaffenheit ausgestellt, deren Werth indessen von den Preisrichtern unerklärlicher Weise so wenig anerkannt wurde, dass das neue Bochumer Gussstahlwerk einer der wenigen nicht prämiirten deutschen Aussteller blieb. Wegen der grösseren Kostspieligkeit ist das Hämmern nicht zur allgemeinen Durchführung gelangt.

Die Walzarbeit des endlosen Stabeisens erfordert eine Vorrichtung, welche es gestattet, dass der Ring über eine der Walzen geschoben und so in das oder die entsprechenden Kaliber gebracht werden könne.

Die Construction der Kaliber erfordert aus mehrfachen Gründen Abweichungen von derjenigen der Kaliber für gewöhnliches zweiendiges, wenn auch im Querschnitte gleich geformtes Stabeisen.

Das einfache Stabeisen tritt mit einem Querschnitt gegen die Walzenmäntel, welcher wesentlich grösser ist, als das Kaliber. Die Streckung findet also in dem Raum zwischen Berührungsebene und Walzaxebene vollständig statt. Bei dem endlosen Stabeisen ist der Querschnitt des rohen Ringes überall gleich, es muss also zuvörderst durch die Walzen an irgend einer Stelle eine Einbiegung gemacht werden, von welcher ausgehend die Streckung erfolgt. Man erreicht dies durch Anpressen

---

[1]) Worunter auch Flussstahlreifen verstanden wurden und werden.

[2]) Vergl. Englische Specification. 1873, 10. Febr., Nro. 484.

der Walzen. Da auf diese Weise indessen bei einmaligem Durchgange aller Theile des Ringes die Streckung nur eine geringe ist, so wiederholt man den Durchgang des Ringes ohne Unterbrechung unter beständigem Nähern der Walzen gegen einander. Man geht also nicht sprungförmig, sondern allmälig mit der Ausbildung des Endquerschnittes vor.

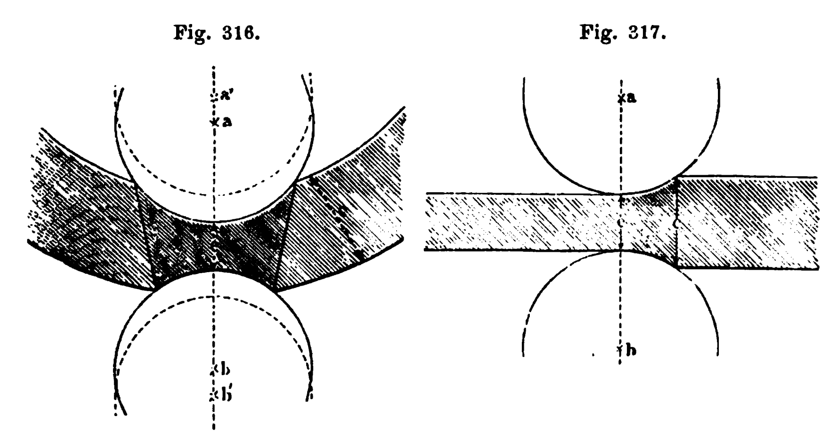
Ein zweiter Grund für abweichende Kalibrirung liegt in dem Mangel freier Streckung. Der gestreckte Theil tritt nicht, wie beim einfachen Stabeisenwalzwerke der Fall, frei und ohne Widerstand aus, sondern wird durch den anliegenden ungestreckten zurückgehalten und gestaucht. Es gehört daher unter sonst gleichen Umständen ein weit grösserer Druck zur Streckung der Ringe, als zu der gewöhnlicher Stäbe.

Endlich macht die beständig eintretende Breitung Schwierigkeiten. Beim einfachen Stabwalzwerk trägt man derselben dadurch Rechnung, dass jedes folgende Kaliber eine grössere Breite erhält und der allzugrossen Breitung durch Umkehrung des Querschnitts oder, wenn dies nicht zulässig, durch Stauchkaliber entgegengewirkt wird. Eine entsprechende Einrichtung beim endlosen Stabeisen würde bedingen, dass das Kaliber nach jedem Umgange gewechselt werden müsste. Dies geschieht deshalb nicht, weil damit auch bei den zweckmässigsten Einrichtungen stets ein Zeitverlust und eine Abkühlung verbunden ist, welche dem Walzprocesse nicht nur Eintrag thut, sondern auch mehrfache Erhitzung verlangt. Es muss daher in allen Fällen, auch bei Benutzung mehrerer Kaliber, sobald nur der Durchgang in jedem Kaliber mehr als eine Umdrehung umfasst, auf eine der Zahl der Umdrehungen entsprechende Breitung Rücksicht genommen werden. Da indessen bei einer solchen Breitung unganze Kanten entstehen würden, wenn das Kaliber nicht ganz geschlossen ist, so müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Breitung nach jedem Durchgange durch Stauchung auszugleichen. Dies geschieht entweder dadurch, dass wie beim Universalwalzwerke ein zweites Paar rechtwinklig zum ersten gelagerter Walzen angewendet, oder dass das Kaliber selbst aus zwei oder drei Walzen gebildet wird.

In einem einfachen Ringwalzwerke finden folgende Einwirkungen statt: Die Höhe des Profils *c* (Fig. 316), welche auf *e* gebracht werden soll, ist bei dem Einsetzen des Ringes in das Profil überall vorhanden, es muss also die Walze *a* von der Stellung *a'* und die Walze *b* von der Stellung *b'* so lange einander genähert werden, bis das Material in der Weise eingedrückt ist, wie es Fig. 316 darstellt. Würde das Zusammendrücken im ruhenden Zustande erfolgen, so würde die Kraft, die zur Eisenverdrängung hier nöthig ist, doppelt so gross sein, wie beim einfachen Stabeisen, da hier die doppelte Masse Eisen verdrängt werden muss wie dort (Fig. 317). Nun aber geschieht die Verdrängung beim zweiendigen Stabeisen während der vollen Bewegung der Walzen, und der Widerstand des Stabes gegen das Zusammendrücken wird beim Eintritt in die Furche durch die in der ganzen Masse der Walze, des Schwungrades und der Maschine aufgesammelte Kraft aufgewogen; denn die Wirkung, welche zum Auswalzen des

Stabes aufgewendet wird, ist gleich der Leistung der Kraftmaschine und der Arbeitsgrösse, die das Schwungrad und die anderen bewegten Massen wieder abgeben. Im vorliegenden Falle dagegen muss umgekehrt erst, nachdem das Eindrücken durch Näherung der Walzen erfolgt ist, die ganze **ruhende** Masse in Bewegung gesetzt werden. Wollte man daher wirklich so verfahren wie hier gezeichnet, so würde ein Kraftaufwand erforderlich sein, welcher in keinem Verhältniss zum erzielten Resultate steht. Aus diesem Grunde muss man das gewünschte Ziel allmälig zu erreichen suchen, d. h. den Ring einsetzen und darauf mit der verfügba-

Fig. 316. Fig. 317.



ren Kraft die Walzen allmälig gegen einander pressen, so dass also eine gewissermaassen spiralförmige Verkleinerung des Reifenprofiles stattfindet.

Der Querschnitt eines Radreifens kann als **Trapez** betrachtet werden. Ist in Fig. 318 (s. folg. S.) $abdc$ der zum Trapez vereinfachte Querschnitt des Radreifens beim Beginn der Walzarbeit, r der innere Radius, so wächst beim Auswalzen r zu αr, während sich $ab = m$ und $cd = n$ verringern.

Sollen diese Verminderungen der Seiten m und n ohne Verschiebung der Eisentheile stattfinden, so darf nicht, wenn Seite $c\,a$ als feststehend betrachtet wird, ein Vorgehen der Linie $b\,d$ in paralleller Richtung erfolgen, denn es würde dann, wenn $cd' = \frac{cd}{2}$ ist, $ab' > \frac{ab}{2}$ sein. Es soll sich vielmehr $ab'' : cd'$ oder $m' : n'$ stets verhalten, wie $m : n$.

Die Eisenmasse des Ringes verändert sich nun, Breitung ausgeschlossen, ebensowenig wie die Höhe des Trapezes, es ist also im Anfang die Oberfläche des Ringes:

$$\pi\,[(r + m)^2 - r^2],$$

nach der Streckung:

$$\pi\,[(\alpha r + m')^2 - \alpha^2 r^2].$$

Da also das Volumen gleich bleibt, ebenso die Höhe, muss sein:

$$\pi [(r + m)^2 - r^2] = \pi [(\alpha r + m')^2 - \alpha^2 r^2],$$

daher:

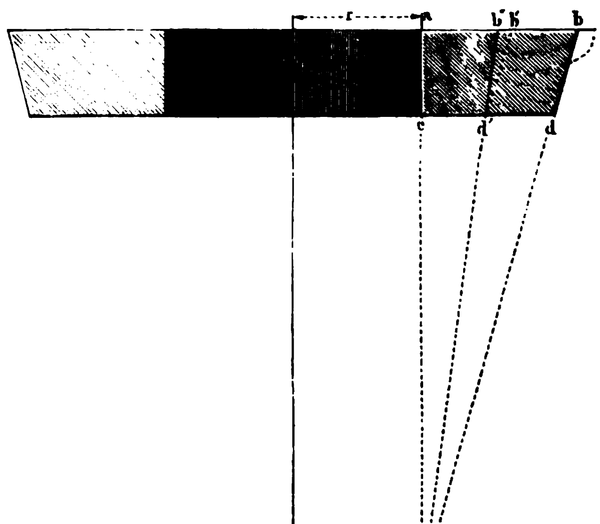
$$m' = - \alpha r \pm \sqrt{m^2 + 2 rm + \alpha^2 r^2}$$

und ganz ebenso an der Unterfläche:

$$n' = - \alpha r \pm \sqrt{m^2 + 2 rn + \alpha^2 r^2}$$

Das Verhältniss wird erreicht, wenn $ab = m$ und $cd = n$ nach dem Verhältnisse verkleinert wird, welches entsteht, wenn von dem

Fig. 318.

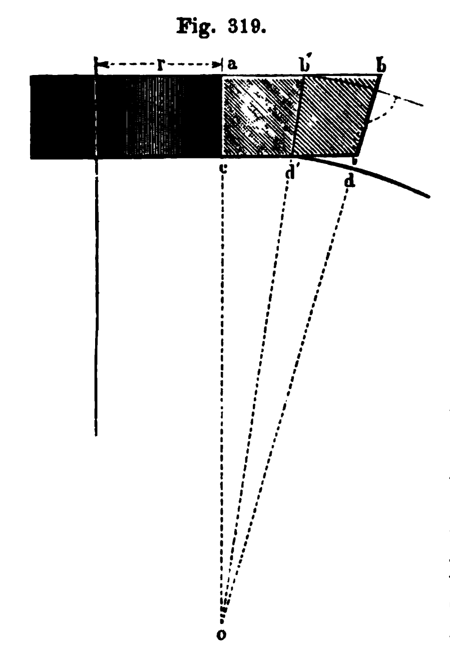


Scheitelpunkte o der beiden Linien ac und bd aus die Theilungslinien gezogen werden, denn es entstehen dann ähnliche Dreiecke, deren Grundlinienverhältniss stets das der gleichbleibenden Höhen ist.

Dasselbe Verhältniss findet auch statt, wenn die Seiten m und n in Kreisbögen übergeführt werden und die Annäherung von db an ac in den Tangenten des Kreises erfolgt (Fig. 319).

Obwohl man nun zwar die S. 825 geschilderte Kalibrirung der Randkranzstabwalzen insofern auf die Kalibrirung der Ringwalzen zu übertragen versucht hat, als man zuweilen auch das Auswalzen der Ringe in mehreren auf einander folgenden Kalibern vornimmt, so ist doch wegen der Schwierigkeit, welche das häufige Umlegen des Ringes veranlasst, und wegen des Nachtheiles, welchen die starke Ab-

Fig. 319.



kühlung mit sich bringt, stets dahin gestrebt worden, das Ausrecken durch nur ein Kaliber zu vollenden.

Dies eine Kaliber, dessen Querschnitt, wie bereits auseinander gesetzt wurde, während des Walzens veränderlich sein muss, wird bald durch zwei, bald durch drei oder vier Walzen gebildet, so dass sich hiernach drei Gruppen von Walzwerken ergeben, deren jede wieder in mehrfacher Art modificirt sein kann.

Die folgende Schilderung der vorhandenen sieben Systeme verdankt der Verfasser der Güte des bereits erwähnten Ingenieurs Vital Daelen, dessen Erfindung die auf Seite 841 beschriebene, patentirte Anordnung ist [1]).

I. Walzwerke mit zwei Walzen.

Bei allen Walzwerken, bei denen das Kaliber durch zwei Walzen gebildet wird, liegen die Axen dieser Walzen parallel. Die Art der Verstellbarkeit beider Axen bedingt den Unterschied der beiden folgenden Unterabtheilungen.

a) Die beiden Walzen A und B (Fig. 320 a. f. S.) liegen parallel und die Anstellung erfolgt rechtwinklig zu ihren Axen (in der Richtung der Pfeile). Die Walze A umschliesst drei Seiten des Profils, während die andere, zwischen die Ringe der ersten greifend, die vierte Seite des Profils bildet. Man hat es also mit einem versenkten Kaliber zu thun.

b) Die beiden Walzen A und B (Fig. 321 a. f. S.) liegen mit ihren Axen gleichfalls parallel, aber die Anstellung erfolgt unter einem schiefen Winkel. Das Kaliber einer jeden Walze umschliesst zwei Seiten des Profils, aber es bleiben zwei diagonal gegenüber liegende Lücken, b und c, frei. Die Breite dieser Lücken ist gleich dem Maasse der Anstellung während des Walzens.

---

[1]) Vergl. auch Ramsbottom's Walzwerk, patentirt 7. Januar 1864. Polyt. Centralbl. 1865, S. 38; — Jackson's Walzwerk, Engineer, 11. März 1864, p. 154 u. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1864.

Fig. 320.

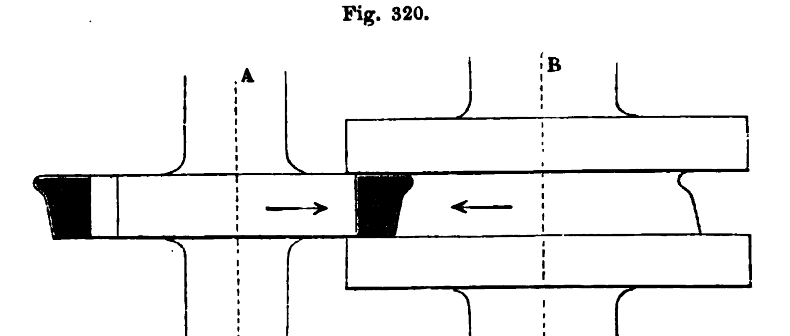


Fig. 321.

II. Walzwerke mit drei Walzen.

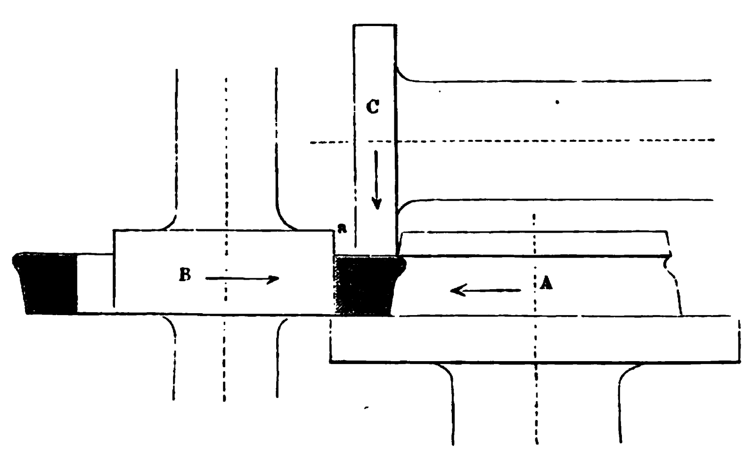
Bei den Walzwerken mit drei Walzen liegen die Axen zweier Walzen parallel und die der dritten Walze rechtwinklig gegen jene oder zwei Axen liegen im rechten Winkel und die dritte Axe ist geneigt gegen beide.

a) Die Axen der beiden Walzen *A* und *B* (Fig. 322) liegen parallel, die der dritten *C* rechtwinklig dazu. Die Annäherung der drei Walzen erfolgt in senkrechter Richtung zu ihren Axen. Die eine Walze *A* umschliesst zwei Seiten, die beiden Walzen *B* und *C* je eine Seite des Profils. An der Hinterseite des Radreifens bleibt bei *a* eine Lücke, welche gleich dem Maasse des Anstellens der Walzen ist.

b) Die Axen der beiden Walzen *B* und *C* (Fig. 323 und 324 a. S. 840) schneiden sich unter einem rechten Winkel; die Axe der dritten Walze

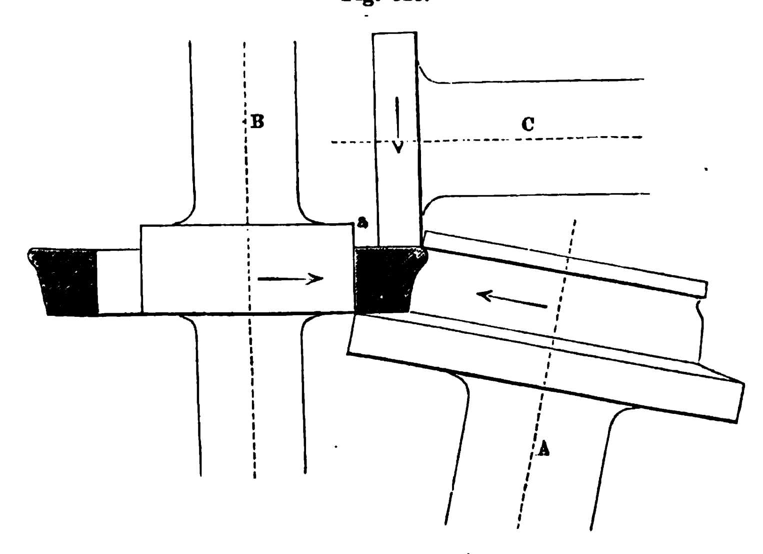
A liegt geneigt. Hierbei hat man wiederum zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten findet die Annäherung der Walzen *B* und *C* rechtwinklig zu ihren

Fig. 322.



Axen, die der Walze *A* schiefwinklig zur eigenen Axe, dagegen rechtwinklig zur Axe der Walze *B* statt. Dies ist das System R. Daelen's (Fig. 323). Im zweiten Falle erfolgt die Annäherung aller drei Walzen rechtwinklig zu ihren Axen; da indessen die Axe der Walze *A* um einen festen Punkt drehbar ist und daher den Radius eines Kreises bildet,

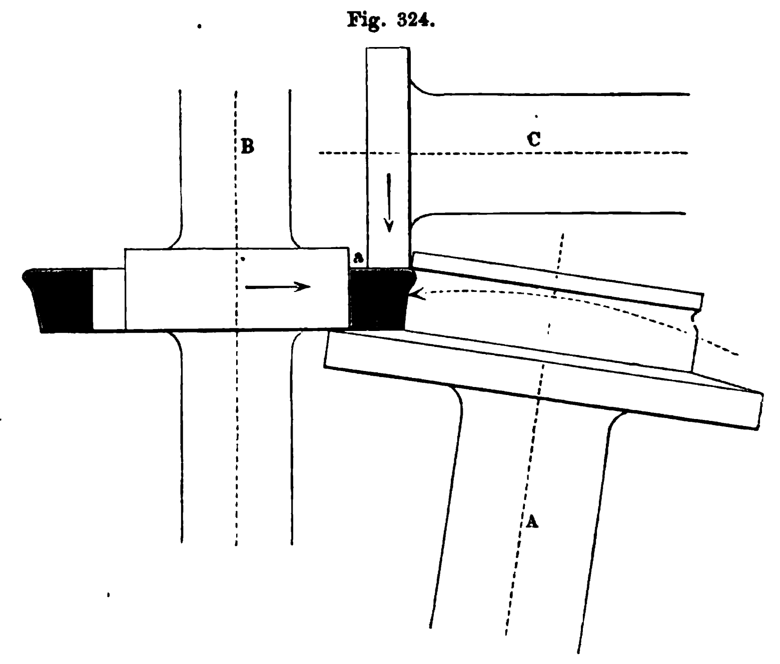
Fig. 323.



so findet auch die Annäherung der Walze stets in der Peripherie dieses Kreises statt, also in stets veränderter Richtung. Dies ist das System V. Daelen's.

In beiden Fällen bleibt bei *a* eine Lücke, welche im ersten Falle gleich der ganzen Anstellung, im zweiten gleich dem Maasse der Anstellung des äussersten Theils der Walze *A* ist. Auch dieser Mangel

Fig. 324.



ist, wie im Folgenden gezeigt werden wird, von V. Daelen vermieden. Zwei Seiten des Profils werden von der Walze *A*, je eine Seite von *B* und *C* umschlossen.

III. Walzwerke mit vier Walzen.

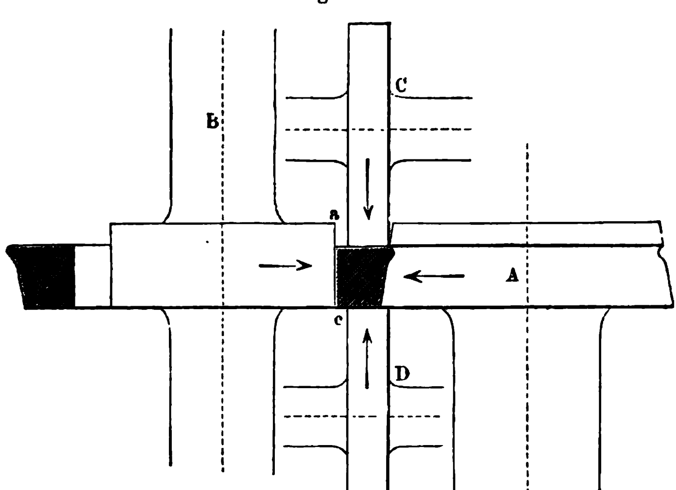
Bei Walzwerken mit vier Walzen liegen stets je zwei Walzen mit ihren Axen parallel und die Axen beider Paare rechtwinklig zu einander.

a) Die vier Walzen *A*, *B* und *C*, *D* (Fig. 325) umschliessen das Profil derartig, dass jede Walze eine Seite begrenzt. Die Annäherung erfolgt rechtwinklig zu den Axen. Es bleiben zwei Lücken *a* und *c*, welche gleich sind dem Maasse der Anstellung der beiden Walzen *B* und *A*.

b) Die Axenlage und Annäherung ist dieselbe, wie bei dem vorigen System; die vier Walzen umschliessen aber nicht ein und dasselbe Profil, sondern je zwei Walzen bilden zwei Seiten zweier diametral gegenüber-

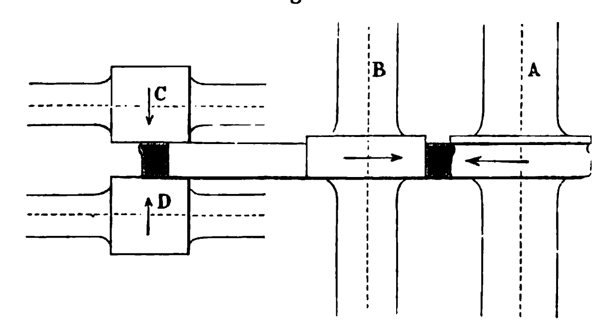
liegender Profiltheile. Es bleiben daher jedesmal zwei Lücken von der Grösse der nicht umschlossenen Seiten, aber diese Lücken stehen abwechselnd,

Fig. 325.



indem sie einmal an der Ober- und Unterseite, einmal an der Innen- und Aussenseite des Radreifens liegen. Fig. 326 zeigt dieses System. Dasselbe

Fig. 326.

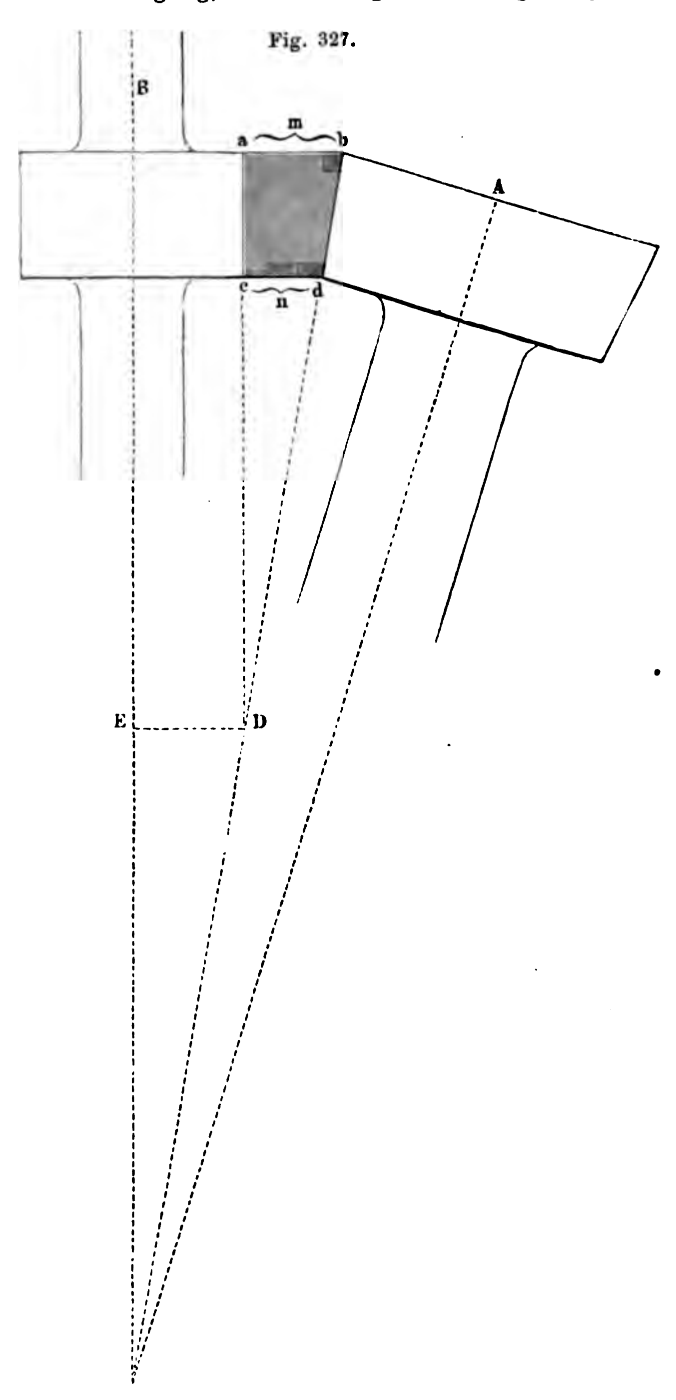


selbe kann bei radialer Anstellung der einen Walze (Fig. 327 a. folg. S., in welcher die Walzen *C* und *D* fortgelassen sind) erreicht werden und giebt dann den Uebergang zu V. Daelen's Walzwerk.

V. Daelen's Walzwerk.

Die parallelen Seiten des Radreifenprofils müssen sich, wie oben auseinandergesetzt, stets verhalten, wie $m : n$. Zu diesem Zweck ist die

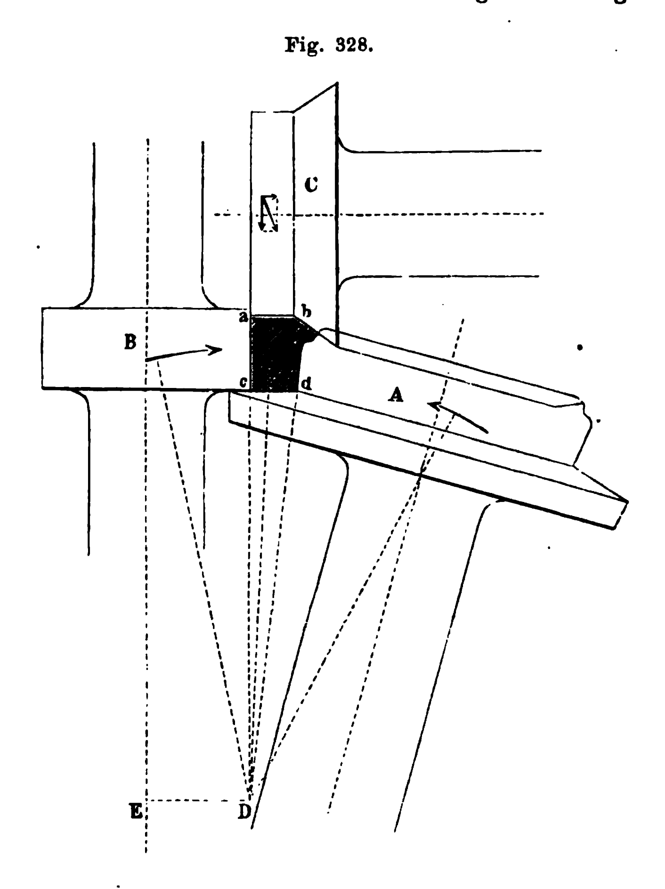
Fig. 327.



Walze A (Fig. 327) auf einen um D drehbaren Tisch gelagert und wird im Kreisbogen angestellt.

Die Oberwalze C (Fig. 328) nähert sich in einem spitzen Winkel zu ihrer Axe, so dass sie mit der vertical abwärts gehenden zugleich eine

Fig. 328.



horizontal rückwärts gehende Bewegung macht und zwar entsprechend der bogenförmigen Bewegung von B, so dass das Kaliber bei a immer geschlossen ist, und andererseits so viel Material in den Spurkranz hineingebracht wird, als erforderlich ist, um die nöthige Compression hervorzubringen.

Der conische Theil b greift in die deshalb entsprehend ausgedrehte Walze A ein und hält auch hier das Kaliber geschlossen.

Für (hinsichtlich der Conicität und Stärke des Spurkranzes) verschiedene Profile ist der Tisch mit seinem Drehpunkte in horizontaler Richtung (DE) verstellbar, und auch die Anstellbarkeit der Oberwalze C variabel.

Genau genommen hätte der Drehpunkt D je nach der Conicität in der Verticalen höher oder tiefer verstellbar sein müssen, aber dies würde die Construction zu complicirt gemacht haben. Die Vortheile der Daelen'schen Construction sind: Erstens verhältnissmässige Compression aller Theile und somit gleichmässige Streckung, zweitens Vermeidung der für die Festigkeit des Products nachtheiligen Verschiebungen, drittens Vermeidung der gleitenden Reibung, viertens Verhinderung einer Gratbildung, fünftens die Möglichkeit in demselben Walzwerke verschiedene Profile zu walzen.

Die Drehung des Tisches wird durch Excentrics bewirkt, welche auf einer Welle festsitzend eine langsame Bewegung während des Walzens veranlassen.

Auch die Anstellung der Oberwalze mit ihrer doppelten Bewegung wird durch 2 (hülsenförmig übereinandergeschobene) Excentrics bewirkt, die sich gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung drehen, wie Fig. 329 zeigt. Hierbei macht also die Welle C eine auf- und abgehende Bewegung, während die äussere Hülse ihre Lage beibehält.

Die eine Walze (B) wird durch Friction mitgenommen.

Die Anstellung der Walzen erfolgt theils durch Dampf-, theils durch

Fig. 329.

Stellung der Welle C.

Wasserdruck. Letzterer ist wegen der grösseren Genauigkeit vorzuziehen und daher auch auf den entsprechenden Walzwerken (z. B. z. Hörde) angewendet worden.

Der Radreifen hat bei dem Auswalzen der Regel nach eine horizontale Lage. Wird er in mehreren Kalibern ausgewalzt, so liegen diese dann versenkt in einer verticalen Walze, welche gehoben wird, so dass dem auf einem Tische ruhenden und gegen die innere (unge-

furchte) Walze gestützten Reifen die Einschnitte der Reihe nach gegenüber geführt werden.

Seltener findet eine verticale Stellung der Radreifen statt. In diesem Falle sind die Walzwerke als Kopfwalzwerke construirt, d. h. die Walzen selbst werden zwar wie gewöhnlich von zwei Ständern getragen, aber der kalibrirte Theil ragt frei über den Aussenständer hinaus. Nachdem die Oberwalze gehoben, wird der Reifen eingelegt und nach der Senkung der ersteren ausgewalzt. Auch hier wendet man zuweilen mehrere Kaliber an, aber bedient sich dann der Regel nach für jedes eines besondern Walzwerks.

Hat der Reifen ungefähr die richtige Grösse erreicht, so wird ein mit einem Röllchen ausgerüsteter Fühlhebel gegen die innere Fläche gelegt, welcher, sobald der gewünschte Radius genau erreicht ist, den Antrieb ausrückt und das Walzwerk zum Stillstand bringt.

Ein solches Walzwerk braucht 120 bis 150 Pferdekräfte.

Der fertig gewalzte Radreifen wird schliesslich auf einer Centrirmaschine, welche aus drei genau stellbaren, den Kreisbogen bestimmenden Rollen, sowie einigen Leitrollenpaaren besteht, in vollkommene Kreisform übergeführt, worauf er abgedreht und auf die inneren Rädertheile aufgezogen und auf diesen befestigt wird.

Es ist schwierig, ohne längere Versuche mit dem bestimmten Material im Voraus genau die Durchmesser zu bestimmen, welche jedem Stadium der Bearbeitung entsprechen, und man findet darüber sehr verschiedene Angaben.

Ein Beispiel für die allmälig erweiterten lichten Durchmesser führt Petzold [1]) folgendermaassen an:

Verlangter innerer Radreifen-Durchmesser = 1400 mm.

Vorgeschmiedete Centrallochung	600 mm im Lichten	(Breite 150 mm)
Vorwalzwerk	900 „ „	(„ 150 „)
Vollendwalzwerk	1390 „ „	(„ 140 „)
Centrirapparat	1415 „ „	(„ 140 „)
Erkaltung 10 mm pro Meter. .	1401 „ „	(„ 140 „)
Toleranz [2])	1 „	

7. Blechfabrikation unter Walzen.

Als Material zu gewalztem Bleche dient stets ein in den möglichst schlackenfreien Zustand gebrachtes Eisen. Es wird daher der Regel nach ein bereits durch Schweissarbeit in diesen Zustand übergeführtes Eisenpacket von Rohschienen oder eine aus Luppen gehämmerte

[1]) Eisenbahnmaterial S. 203.
[2]) Die von den Bahnverwaltungen gestattete Differenz.

Bramme verwendet, Herdfrischeisen indessen auch direkt vom Deul benutzt. Flusseisen bedarf nur der Dichtungsarbeit, um für die Blechfabrikation geeignet zu sein, und nachdem die Vorurtheile gegen die sogenannten Stahlbleche überwunden, findet dasselbe immer allgemeinere Verwendung.

Vom Blech verlangt man sehr häufig eine ganz oder doch annähernd gleiche Festigkeit nach zwei Dimensionen. Dies ist nicht zu erreichen, wenn die Streckung der Krystalle nur nach einer Seite erfolgt. Aus diesem Grunde wird es nach zwei Richtungen ausgereckt.

Diese Arbeit nennt man das Kreuzwalzen. Weniger vollkommen kann das Gleiche durch kreuzweise Packetirung ausgewalzter Stäbe erreicht werden.

Ein fertiges Blech behält indessen seine grösste Festigkeit stets in der Richtung der letzten Streckung, weshalb z. B. ein Kesselblech mit der Längsrichtung rechtwinklig zur Axe des Kessels gelegt werden muss, ein Umstand, welcher auch ganz besonders bei Flickarbeiten zu beachten ist.

Die Bleche werden in Rothglühhitze ausgewalzt; nur bei sehr starken Blechen findet eine Aufeinanderschweissung mehrerer Bleche zu einer dicken Tafel statt und also eine Walzarbeit in Schweisstemperatur; Bleche, welche eine glänzende Oberfläche erhalten sollen, werden schliesslich in dunkelem Zustande (kalt) gewalzt.

Die Bleche kühlen in Folge ihrer geringen Stärkedimensionen schnell ab und können daher selten ihre Vollendung in einer Hitze erhalten, müssen vielmehr wiederholtem Erwärmen ausgesetzt (geglüht) werden. Dies geschieht unter möglichstem Abschluss der Luft um der bei den grossen Oberflächen stark wirkenden Oxydation, also der Bildung von Hammerschlag vorzubeugen.

Das Blechwalzwerk.

Die Blechwalzen bedürfen keiner Kalibrirung. Der unganze Rand, welcher in Folge der unbegrenzten Breitung und der ungleichförmigen Streckung entsteht, wird durch Beschneiden des fertigen Blechs beseitigt und nimmt bei sonst guter Arbeit nur einen procentual geringen Betrag in Anspruch. Aus diesem Grunde kann auch dasselbe Walzenpaar durch allmälige Näherung der Walzenmäntel zu den aufeinanderfolgenden Durchgängen des Eisens benutzt werden.

Die meisten Blechwalzwerke besitzen zwei übereinander liegende Walzen, von denen die obere stellbar ist.

Mehrfache Anordnungen kommen hierbei vor: Die Oberwalze ist der Regel nach durch Gegengewichte abgeglichen und wird nur durch Oberlager in ihrer höchsten Stellung gehalten. Hat dann die Walze das Uebergewicht, so liegt sie beständig gegen die Unterwalze an; ist das Gegengewicht schwerer, so liegt sie beständig gegen die Oberlager an. Fehlt

eine Bewegungsübertragung durch Getriebe, so nennt man diese Anordnung Schleppwalzwerk. Hierbei wird die Oberwalze während des Leerganges im ersten Falle durch die Reibung an der Unterwalze mitgenommen (geschleppt), während sie im zweiten Falle ruht. Beim Vollgange wird sie in beiden Fällen durch Reibung am Eisenstück bewegt.

Häufig ist die Benutzung von Getrieben, wie beim Stabeisenwalzwerke. Getriebe sind stets vorhanden, d. h. es findet keine Schleppung statt, wenn die Oberwalze Unter- und Oberlager besitzt, also ihre Stellung genau begrenzt ist.

Die Benutzung der Schleppwalzen findet sich nur für schwächere Blechsorten. Das einzuführende Eisen wird hier nur mit der Hälfte der Kraft zwischen die Walzen gezogen, welche wirkt, wenn beide Walzen durch den Motor umgedreht werden. Es muss mithin das Abnahmeverhältniss zwischen zwei Durchgängen ein geringeres sein. Dieser Nachtheil tritt bei schwachen Blechen nicht so sehr hervor, um nicht von dem Vortheil ausgeglichen zu werden, welcher durch die gleiche Peripheriegeschwindigkeit der Walzen hervorgerufen wird, da bei verschiedenem Umfange der durch Getriebe bewegten Walzen in Folge verschiedener Peripheriegeschwindigkeiten eine ungleichförmige Streckung des Blechs entsteht. Bei starken Blechen ist das Verhältniss umgekehrt und man zieht daher hier die Bewegungsübertragung durch Getriebe vor.

Die Verbindung der Walzen durch Zahnräder (Krauseln) erfolgt der Regel nach nur an einer Seite und zwar meist an der der Transmission vom Motor entgegengesetzt liegenden. Die Zahnräder müssen sogenannte langzähnige sein, damit sie bei den verschiedenen Stellungen nicht ausser Eingriff kommen. Das ungünstige mechanische Verhältniss, welches damit für weite Stellungen herbeigeführt und nur durch die höhere Temperatur, also die leichtere Streckbarkeit des Eisens bei diesen Stellungen ausgeglichen wird, sollte wohl Veranlassung geben, zu einem Zwischengetriebe zu greifen und damit einen beständig gleichmässigen Eingriff zu erhalten, aber die grössere Complication dahin zielender Constructionen hat bisher, wie es scheint, die Walzwerksconstructeure vor dieser Verbesserung zurückgeschreckt.

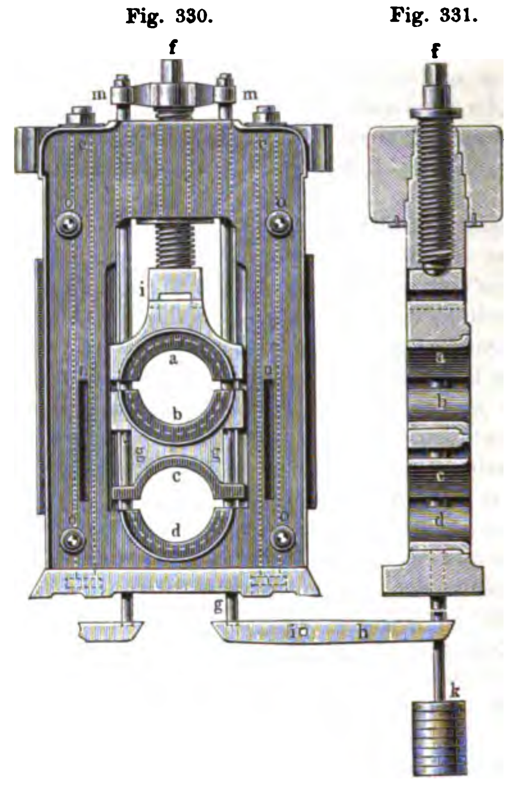
Die Stellung der Oberwalzen wird wie beim Stabeisenwalzwerk durch Stell- oder Druckschrauben, welche durch den Kopf der Walzenständer gehen und auf Brechböcken ruhen, begrenzt. Mit den Druckschrauben stehen bei Getriebewalzwerken die Unterlager der Oberwalze in fester Verbindung, wie die Figuren 330 und 331 (a. folg. S.) zeigen.

Der gusseiserne Ständer ist durch die schmiedeisernen Bolzen *ec* verstärkt. Die Stangen *gg* verbinden das Querhaupt *mm* an der Druckschraube *f* mit dem Unterlager *b* der Oberwalze.

Die Parallelität der Walzenmäntel ist wegen der grösseren Breite des Eisens beim Blechwalzen viel wichtiger als beim Stabeisenwalzen, wo der Regel nach unbedeutende Abweichungen kaum zur Geltung kommen. Es müssen daher die Stellschrauben auch auf beiden Seiten gleichmässig

niedergeführt werden. Dies darf indessen nicht hindern, dass die Möglichkeit einer ungleichen Stellung für Ausnahmefälle gewahrt werde, in

Fig. 330. Fig. 331.



Ständer eines Blechwalzwerks.

denen Ungleichheit in der Temperatur an den beiden Längsrändern des Blechs oder Ungleichheit in der Beschaffenheit des Eisens dazu zwingt.

Die Ganghöhe der Stellschrauben muss um so geringer sein, je genauer es auf die Blechstärke ankommt, daher am geringsten bei ganz feinen Blechsorten. Zur Vermeidung der Stauchung, welche bei scharfkantigen Gewinden zu befürchten ist, giebt man den Stellschrauben bei Blechwalzwerken flache Gewindegänge [1]).

Die einfachste Art der Stellung geschieht durch zwei Schraubenschlüssel, welche auf die beiden Köpfe der Druckschrauben aufgesetzt sind und einen hinreichend langen Hebelarm besitzen müssen, um an einem feststehenden Theilkreise die gleiche Stellung genau ablesen zu lassen. Es gehört dann an jeden Schraubenschlüssel ein Arbeiter. Statt der einfachen Hebel benutzt man auch zwei Speichenräder, welche nach

---

[1]) Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 510.

Art der Steuerräder mit Handgriffen versehen sind. Hier ist dann das Rad getheilt und ein am Walzenständer befestigter stillstehender Zeiger gibt die Grösse der Drehung an.

Um eine gleichzeitige Stellung beider Stellschrauben herbeizuführen, verkuppelt man die beiden Hebelenden oder zwei entsprechende Punkte der Handräder durch eine Stange und braucht dann nur eine der beiden Vorrichtungen in Bewegung zu setzen.

Statt dessen wird häufiger die Stellung durch gleichzeitige Uebertragung der Drehung vermittelst conischer Räder oder vermittelst Wurmräder, welche auf einer horizontalen Welle sitzen, die ihrerseits mit einem Handrade versehen ist, bewirkt, oder es werden die Köpfe der Druckschrauben mit gezahnten Stirnrädern versehen, in welche ein mittleres cylinderförmiges Stirnrad eingreift. Die Bewegung wird entweder an dem einen Kopfrade oder aber am Mittelrade ausgeführt.

Sodann kommt bei älteren Walzwerken noch die Uebertragung durch zwei direct in einander greifende Kopfräder vor, wobei dann eine der Druckschrauben rechts, die andere links geschnitten sein muss.

Bei grossen Walzwerken findet neuerdings eine maschinelle Umdrehung der Druckschrauben durch Gesperre statt, die mittelst Dampfkraft, auch wohl hydraulischer Kraft bewegt werden und die Bewegung auf irgend eine der vorher angegebenen Vorrichtungen übertragen.

Eine Stellung der Oberwalzen durch Keile an Stelle der Schrauben findet sich zuweilen bei älteren Walzwerken. Die starke Abnutzung und die schwierige Instandhaltung sprechen gegen diese sonst sehr genau wirkende Vorrichtung.

Gegengewicht.

Die Walzen der Blechwalzwerke sind der Regel nach sehr schwere Körper. Man gleicht daher, auch wenn eine Getriebeübertragung stattfindet, zur Erleichterung der Beweglichkeit das Gewicht der Oberwalze durch Gegengewichte aus. Bei Schleppwalzwerken ist dies durchaus erforderlich, um den nach dem Durchgang des Eisens sonst erfolgenden harten Schlag auf die Unterwalze zu vermeiden.

Diese Gegengewichte bestehen der Regel nach, wie Fig. 330 zeigt, aus gusseisernen Scheiben, welche zu einem Cylinder (*k*) zusammengelegt werden, um das Gewicht leicht ändern zu können. Sie hängen an doppelarmigen Hebeln *h*, die sich um eine in den Fundamenten des Walzwerks gelagerte Axe *i* drehen.

Obwohl an sich die Verbindung je zweier Hebel oder auch aller vier zu einem Rahmen, welcher ein gemeinschaftliches Gewicht trägt, sehr einfach wäre, vermeidet man diese Anordnung doch meist, da die Construction des Fundaments dadurch erschwert wird. Nur wo unter den Sohlplatten des Walzwerks ein durchgehender Kanal angelegt ist, lässt sich die Anordnung ohne Schwierigkeit ausführen.

Ueberhebevorrichtungen.

Früher als beim Stabeisen ist man in der Blechfabrikation zu so schweren Stücken gelangt, dass das Ueberheben behufs wiederholten Durchlassens des Eisens durch einfache Handarbeit zur Unmöglichkeit wurde, und zwar um so mehr, als alle alten Blechwalzwerke in Form von getriebelosen Schleppwalzen construirt wurden, also beim Rückgange die Oberwalze ruhte und nicht wie beim Stabeisenwalzwerk das auf sie gelegte Eisenstück zurückbefördern half.

Zuvörderst versuchte man die Beweglichkeit des schweren Eisenstücks vor und nach dem Durchgange durch die Walzen zu erleichtern und erreichte dies durch Zusammensetzung des Walzentisches aus leicht gehenden Rollen, die durch einen Rahmen getragen werden und den Axen der Walzen parallel laufen, mit anderen Worten durch Verminderung der Reibung beim Vorschieben des Eisens.

Selbstthätig umlaufende Rollen, wie bei dem Blockwalzwerk, welches S. 789 u. f. beschrieben und abgebildet ist, könnten erfolgreich auch hier angewendet werden.

Die beiden sich beim Durchgange des Blechs in der Höhe des Zwischenraumes der Walzenmäntel gegenüberliegenden Tische werden nach dem Durchgange auf das Niveau der Oberkante der Oberwalze gehoben und dienen nun als Unterlage für das rückwärtsgehende Blech. Die Tische nähern sich beim Heben mit ihren Vorderkanten, so dass der Zwischenraum möglichst gering wird.

Sind die Walzentische sehr lang und die Bleche nicht allzuschwer, so ist es nicht erforderlich, die Hebung parallel zur ursprünglichen Stellung, d. h. mit Beibehaltung der Horizontalität oder einer geringen Neigung zum Walzwerke, auszuführen. Man lässt vielmehr eine Drehung um eine möglichst fern von den Walzen liegende Axe zu. Dies hat sogar für den Vordertisch die Annehmlichkeit, dass das zurückgegebene Blech auf der geneigten Ebene hinabgleitet.

Bei einer solchen Anordnung ist der Tisch mit seiner Drehaxe durch ein verticales Glied verbunden und an seinem vorderen Ende nahe der Walze durch zwei den Mänteln concentrisch liegende kreisbogenförmige Gleitstücke geführt, so dass er beim Heben sich zuerst von der ursprünglichen Lage, nahe der durch die Walzenaxe gelegten Verticalebene, um den Radius der Walze entfernt, und dann wieder um ebensoviel an dieselbe herantritt.

Das Heben der Walztische erfolgt der Regel nach durch Dampf. Die Tische sind mittelst Leitstangen mit dem Dampfkolben verbunden, dessen Cylinder bald unter, bald über dem Walzwerk angeordnet ist, selten dagegen seitlich steht, weil dann noch eine Bewegungsübertragung durch Kettenscheiben u. s. w. erforderlich wird.

Bei älteren und selbst kleineren neueren Blechwalzwerken pflegt man zuweilen die Umdrehung der Walzen zum Heben der Tische zu benutzen. Der Tisch steht dann durch Ketten mit einer horizontalen Welle oberhalb des Walzwerks in Verbindung. An dieser befindet sich seitwärts vom Walzwerk eine Scheibe, vor deren Peripherie eine Kette oder ein Seil herabhängt und lose um die Walzenkuppelung oder auch wohl um eine zweite an der Walzenaxe befestigte Scheibe geschlungen ist. Soll die Hebung erfolgen, so wird das freie Ende der Kette oder des Seils angezogen und dadurch an der Scheibe die nöthige Reibung hervorgerufen, welche die horizontale Welle umdreht, die mit dem Tisch verbundene Kette aufwickelt und den Tisch anhebt. Hat das Blech den Tisch verlassen, so wird das Seil- oder Kettenende freigegeben, die Reibung lässt nach und der Tisch sinkt durch eigene Schwere, zuweilen durch einen Katarakt oder durch Gegengewicht gemässigt, nieder.

Vor- und Rückwärtswalzung.

Die Schwierigkeit des Ueberhebens hat ebenfalls bei dem Blechwalzwerk schneller als beim Stabeisenwalzwerk zur Benutzung dreier Walzen oder zur Umkehrung der Bewegung der Walzen geführt. Im letzten Falle wird die Nothwendigkeit des Hebens ganz beseitigt, im ersten die Hubhöhe zwar nicht verändert, wenn die Mittelwalze eine gleiche Dimension wie früher die Oberwalze erhält, aber die Oberwalze übernimmt nun mit der Arbeit des Walzens gleichzeitig die Rückführung des Blechs.

Die Anordnung eines Drillings für Blechfabrikation ist nicht ohne Schwierigkeit und mannigfache Combinationen sind versucht worden. Man hat zuvörderst die Ober- und Unterwalze festgelegt und den Abstand der beiden Walzenmäntel gleich der Summe aus Maximaleisenstärke und Mittelwalzendurchmesser gemacht. Nun kann die Mittelwalze, deren Gewicht durch Gegengewicht abgeglichen sein muss [1]), abwechselnd nach oben oder nach unten angestellt werden, indem man den Zwischenraum zwischen ihr und der Walze, welche arbeiten soll, jedesmal verringert. In diesem Falle wird die Mittelwalze der Regel nach Schleppwalze sein. Diese abwechselnde Stellung, welche nur durch zweifache Druckschrauben mit hinreichender Genauigkeit geschehen kann, erfordert viel Zeit und macht einen grossen Aufenthalt beim Walzen.

Man hat es daher der Regel nach vorgezogen, die Mittelwalze ganz frei auf- und ab verschiebbar zu legen, die Oberwalze dagegen in gewöhnlicher Art und Weise zu verstellen.

Jenachdem nun das Blech durch den unteren oder den oberen Zwischenraum gelassen wird, presst sich die Mittelwalze gegen die ihr

[1]) Statt der Gegengewichte hat man bei kleinen Walzwerken auch Federn aus Stahl oder Gummi angewandt.

dann als Stütze dienende Ober- oder Unterwalze. Die Benutzung einer ganz schwachen Mittelwalze (Lauth'sches System) empfiehlt sich hier wegen der Biegung der Bleche noch weniger als beim Stabeisenwalzwerke.

Am sichersten bleibt es, bei Anwendung von Drillingswalzen, Ober- und Unterwalze gegen die festliegende Mittelwalze anzustellen (Fritz'sches System). Es bedarf dann freilich vierer Stellschrauben, von denen je zwei durch eine der oben angegebenen Vorrichtungen zu gleicher Umdrehung verbunden sind.

Wendet man ein Walzenpaar mit Wechseldrehung an, so können alle jene Vorrichtungen zur Anwendung kommen, welche S. 812 für Stabeisenwalzwerke besprochen wurden. Ausserdem hat man noch für verhältnissmässig kurze Bleche regelmässig wechselnde Walzwerke benutzt. Die Maschine geht hierbei stets in gleicher Richtung, überträgt aber die Bewegung ihres Kolbens auf ein Rad von grösserem Durchmesser als der Hub ist. Dies schwingt daher hin und her und setzt nun das Walzwerk durch Uebertragung ins Geschwinde vermittelst Zahnräder in abwechselnde Umdrehung von bestimmter Umlaufszahl. Diese Einrichtung hat sich ebensowenig wie die nur oscillirenden Walzwerke von Ellis und Ramsbottom[1]) Eingang verschaffen können, da die Durchgangszeit auf die grössten Längen des Blechs berechnet sein muss, also bei kurzen Blechen zwischen zwei Durchgängen stets an Zeit verloren wird.

Blecharten.

Man unterscheidet in der Praxis, ohne Festhaltung scharfer Grenzen, schwache Bleche als Schwarzblech oder Sturzblech von den mittelstarken, welche Kesselblech genannt werden, auch wenn sie nicht zur Dampfkesselfabrikation gebraucht werden sollen, und den ganz starken, die Panzerplatten heissen. Die Grenzen des Kesselbleches liegen etwa bei 5 bis 18 mm Stärke, die Panzerplatten gehen bis zu mehr als 200 mm Stärke hinauf, die feinsten Schwarzbleche bis zu weniger als 0·01 mm hinab.

a. Schwarzblech.

Als Material zur Fabrikation von gewalztem Schwarzblech dienen stets von Schlacken ganz befreite, daher mindestens doppelt geschweisste Eisenstäbe. Der Regel nach wird ein Flachstab benutzt, welcher zuvörderst in Stücke geschnitten wird, deren jedes eine Blechtafel giebt. Diese Stücke (Stürze) werden nun der Quere nach ausgewalzt und zwar in

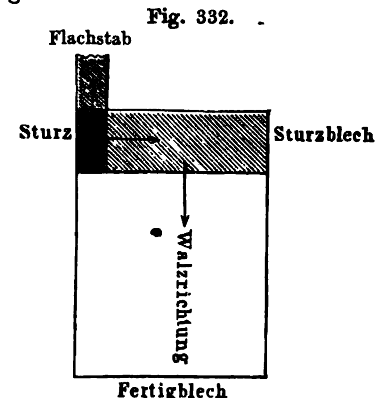
---

[1]) Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 542.

einem besonderen Vorwalzwerk, welches man Sturzwalzwerk nennt, bis ihre Länge der Breite des zu erzeugenden Blechs entspricht; dann kommen sie auf das Fertig- oder Schlichtwalzwerk, auf welchem sie abermals nach um 90° entgegengesetzter Richtung zur verlangten Stärke oder Länge gestreckt werden.

Die Entstehung der Blechtafel aus dem Flachstab veranschaulicht die nebenstehende Skizze (Fig. 332). Die Pfeile bedeuten die Walzrichtung.

Fig. 332.



Sehr dünne Bleche würden eine zu grosse Länge erhalten oder sehr häufig wieder zerschnitten werden müssen. Sie werden deshalb der Länge nach umgelegt (verdoppelt oder gedoppelt). Dies wiederholt sich zuweilen bis zu 16- und 32fachen, ja 64fachen Lagen.

Das Blech muss mehrfach geglüht werden, bis es vollendet ist, jedenfalls einmal vor dem Stürzen und einmal vor dem Schlichten. Das Stürzen wird nun zwar der Regel nach in einer Hitze durchgeführt, das Schlichten dagegen meist in zwei bis drei Hitzen.

Das Glühen.

Das Glühen der stärkeren Schwarzbleche (Schloss- und Dachbleche) erfolgt in Oefen, das der feineren (Rohr- und Fassbleche) in geschlossenen Gefässen.

Früher benutzte man als Glühöfen Apparate, bei welchen das Blech direct mit dem Brennmaterial in Berührung kam. Dieselben bestanden in Holzkohlenherden oder in Koksfeuern.

In den Holzkohlenherden werden die Stürze oder Bleche auf eiserne Stangen gelegt, mit Holzkohlen ganz umgeben und bei sehr mässigem Windstrom erhitzt. Zwischenstreuen von Holzkohlenklein ist empfehlenswerth (vergl. S. 855). Die Koksfeuer bestehen aus grossen Herden mit einer theils rostartig durchbrochenen, theils undurchbrochenen Sohle aus Schamotte, auf welcher eiserne Schienen in der Blechbreite entsprechenden Abständen hochkantig festliegen.

Der Herd wird zuvörderst mit rohen Steinkohlen bedeckt, welche abgeflammt werden, sodann kommt auf die gebildeten, die Zwischenräume zwischen den Schienen ausfüllenden glühenden Koks das Blech. Die

ganz verloren gehenden Flammgase der Steinkohlen werden durch eine direct über dem Herde befindliche Esse abgeleitet. Eine Thür verschliesst den Ofenraum während des Glühens.

Die Holzkohle ist als zu theures Brennmaterial längst verschwunden, die directe Berührung der Koks mit dem Bleche hat sich, obwohl die Wärme gut ausgenutzt wird, doch als im Allgemeinen verschwenderisch und wegen des Schwefelgehalts der Koks auch wohl nachtheilig auf die Beschaffenheit des Blechs wirkend, daher ebenfalls als unvortheilhaft herausgestellt, und man ist an Stelle dieser Apparate überall zu Flammöfen übergegangen. Diese Flammöfen haben einen von den Dimensionen des Blechs abhängigen, im Uebrigen möglichst kleinen Herd. Derselbe ist mit Leisten von Eisen oder besser von Schamotte versehen, auf welchen die Blechtafeln hohl aufliegen, um auch auf der Unterseite gleichmässig erhitzt zu werden. Der Herd selbst besteht aus Mauerwerk oder besser aus Sand, welcher die abfallenden Oxydoxydulschuppen aufnimmt. Zuweilen legt man zwei oder mehrere Herde über einander an. Wichtig ist die Flammenführung. Die Ausziehöffnung muss die Breite der Blechtafeln, daher ungefähr die des ganzen Ofens haben. Durch die Thür gelangt also stets Luft, welche eine starke Oxydation des glühenden Bleches unvermeidlich machen würde, wenn sie direct mit dessen Oberfläche in Berührung käme. Man hat daher zuvörderst auf einen reducirenden Gasstrom, also eher auf eine rauchende Flamme, als auf eine vollständige Verbrennung zu sehen. Am besten ist es, unter diesen Umständen Generatorgasfeuerung anzuwenden, bei welcher eine kohlenoxydgasreiche Atmosphäre am leichtesten zu erreichen ist.

Ferner muss das Gewölbe niedrig gehalten werden, damit die Flamme den ganzen Raum erfüllt; endlich muss sie in der Nähe der Ausziehthür ausströmen, und zwar am besten durch Oeffnungen in der Sohle, um keinen Raum für einströmende Luft zu geben. Bei directer Feuerung ist es stets vortheilhaft, mit Unterwind zu arbeiten, um den Feuergasen eine höhere Pressung im Ofen zu geben, als die der Atmosphäre ist. Wird dann die Einsatzthür geöffnet, so treten die Gase zwar theilweise aus und geben zu Verlusten Anlass, aber es wird doch die Oxydation verringert. Um die Arbeiter vor der Belästigung durch diese Gase und den Rauch zu schützen, bringt man einen Rauchmantel vor der Stirnseite des Ofens an, welcher aus dem Hüttenraum in die freie Luft mündet.

Die Benutzung von Regeneratorfeuerung empfiehlt sich ganz besonders für Blechglühöfen, nicht etwa behufs Erzielung hoher Temperatur, wie bei den Schweissöfen, sondern wegen der durch sie am leichtesten zu erlangenden Gleichmässigkeit der Hitze.

Die feinsten Bleche glüht man in geschlossenen Gefässen. Der Regel nach dienen hierzu gusseiserne Kästen (Töpfe) von dem horizontalen Querschnitt der Blechtafelgrössen. Ein wohl verschmierter Deckel schliesst den Raum luftdicht ab. Mehrere solcher Kästen kommen in einen durch gewöhnliche Steinkohlenfeuerung geheizten backofenförmigen Raum.

Nach dem Ausglühen erfolgt ausserhalb des Ofens eine vollständige Abkühlung der Gefässe, ehe dieselben geöffnet werden.

Im Folgenden soll die Herstellung zweier besonderen Arten von feinen Blechen, der Glanzbleche und der Fassbleche, beschrieben werden.

Glanzbleche.

Die Glanzbleche [1]), welche lange Zeit nur in Russland fabricirt wurden und auch noch heutigen Tages einen wichtigen Exportartikel dieses Landes bilden, zeichnen sich durch einen glänzenden, ganz schwachen Ueberzug von Oxydoxydul aus, welcher sie vor Oxydation, selbst bei hoher Temperatur und in feuchter Atmosphäre, sehr energisch schützt. Sie werden zu einem Theile in Russland noch jetzt durch Schmieden unter dem Hammer, zum anderen Theil aber dort und überall in anderen Ländern ganz oder wenigstens in den letzten Operationen durch Walzarbeit hergestellt, weshalb ihre Fabrikation auch hier beschrieben werden mag. Als Material muss ein vollkommen schlackenfreies Eisen gewählt werden, und bisher hat sich nur ein aus Herdfrischdeulen oder aus Flusseisen erzeugtes Material bewährt.

Die russische Fabrikation ist folgende: Aus Schirbeln ausgeschmiedete Flachstäbe von 6 mm Stärke und 125 mm Breite werden in Stücke von 730 mm Länge geschnitten. Diese Stücke werden im Hohzkohlenfeuer oder in flachen Glühöfen, welche mit gleichem Brennstoff geheizt werden, zuvörderst der Quere nach in quadratische Bleche von 730 mm Seite ausgewalzt. Dann werden drei dieser Bleche zusammen erhitzt, nachdem ihre Oberflächen sorgfältig mit Wasser abgebürstet und mit Holzkohlenpulver bestreut worden sind, und gemeinschaftlich auf doppelte Länge ausgewalzt. Die Operation des Abbürstens wird nun wiederholt, ebenso das Bestreuen mit Kohle. 70 bis 100 dergleichen Bleche werden nun auf einander gelegt, mit Blechtafeln (meist Ausschussblechen) umwickelt und langsam in 5 bis 6 Stunden erhitzt. Der Glühofen ist den Cementstahlöfen [2]) ganz ähnlich gebaut. Er besitzt einen über 2·2 m langen und 63 cm breiten Feuerrost, aus welchem 10 Flammencanäle von circa 13 mm Quadrat die stark rauchend gehaltene Flamme um und über einen darüber liegenden Herd führen, welcher 2·2 m breit und 2·8 m lang, flach und nur mit eisernen Rippen ausgerüstet ist [3]), auf welchen die Packete liegen. Von dort aus geht die Flamme in Canälen um zwei höher gelegene gleiche Herde, und zwar theils zwischen den-

[1]) Percy, Manufacture of Russian sheet iron, London 1871, und Tunner, Russland Montan-Industrie, Leipzig 1871, S. 142.

[2]) Vergl. S. 578.

[3]) Der Herd ist also nicht kastenförmig, wie bei den Cementöfen.

selben hindurch, theils an den Seiten hinauf. Jeder der beiden Herde hat bei gleicher Länge wie der untere nur 1·1 m Breite. Jeder Herdraum erhält gleichzeitig nur 1 Packet. Nach dem Glühen werden die Packete zuweilen schnell auseinandergenommen, und jede Tafel unterliegt einem Abkehren mit dem Reisigbesen, jedoch bleiben sie meist zusammen. Nun folgt, beziehungsweise nach dem erneuten Zusammenlegen, die Hämmerung unter einem Hammer mit ebener Bahn von 459 × 215 mm Fläche. Dabei werden je zwei Packete aufeinandergelegt und gleichzeitig bearbeitet, jedoch wird mit der Lage von Zeit zu Zeit abgewechselt, so dass bald das eine, bald das andere oben liegt. Vier- bis fünfmal wechselt nun wiederholtes Glühen und Hämmern ab, wonach das Schlichten unter dem grossen Hammer mit einer 380 mm im Quadrat grossen Bahn erfolgt, welcher ca. 1 Tonne Gewicht hat, während der kleine nur 600 Kg hatte [1]).

Bei dem letzten Abschlichten wird häufig zwischen je zwei neue Tafeln eine früher vollendete, daher ganz glatte Tafel eingeschoben.

Die fertigen Bleche werden nun auseinandergenommen, untersucht und sortirt [2]).

Dass das Hämmern kein absolutes Erforderniss für die Erzeugung der Glanzfläche ist, dürfte feststehen. Eine ebensolche Fläche lässt sich auch unter polirten Hart- oder Stahlwalzen herstellen. Bedingung ist nur:

1. ein schlackenfreies Eisen,
2. der Ueberzug jeder Blechoberfläche mit einer Schicht von Oxydoxydul, welche durch Reduction des durch das Wasser hervorgebrachten Rostes vermittelst der Holzkohlen hervorgerufen wird.

Schwarzblech oder Fassblech zur Verzinnung.

Nirgends hat sich, trotz aller Versuche, durch Zölle das Emporblühen künstlich zu befördern, die Darstellung des verzinnten Eisenblechs oder Weissblechs mehr entwickelt, als in England. Man macht dort zwei Arten, welche als Holzkohlen- oder Koksbleche (*charcoal-plates* und *coke-plates*) bezeichnet werden, obwohl der Unterschied in der Erzeugung sich nur auf wenige Manipulationen beschränkt.

Das Material zu den Holzkohlenblechen sind die S. 702 beschriebenen Schirbeln, welche aus Koksroheisen durch Frischung mit Holzkohlen und Schweissung bei Koks gewonnen worden waren. Man wählt etwas rothbrüchiges Eisen, welches sich kalt zäher beweisen soll, als ein ganz schwefelfreies.

Diese Schirbeln werden zu Stäben von ca. 9·4 m Länge, 16 cm Breite und 40 mm Stärke ausgewalzt. Die Stäbe werden auf 30 cm lange Stücke

---

[1]) Es sind Aufwerfhämmer mit 1 m Hub und 40 bis 50 Schlägen per Minute.

[2]) In Isetsky, welches wegen der Qualität seiner Glanzbleche einen ganz besondern Ruf geniesst, werden jährlich ca. 500 bis 600 Tonnen davon erzeugt.

zerschnitten, die packetirt, in Hohlfeuern geschweisst und wieder ausgewalzt werden.

Bei Herstellung der Stäbe findet vom Roheisen an 15·2 Proc. Abgang statt, vom Rohstabe bis zum geschweissten Stabe 20 Proc. Abgang.

Dieser letztere Stab wird nun abermals geschnitten und die einzelnen Theile, deren Länge wenig mehr als die Breite des fertigen Blechs beträgt, werden im Flammofen geglüht und ausgewalzt, wobei eine Doppelung bis zur 16-, auch wohl zur 64fachen Lage stattfindet. Es wird besonders darauf geachtet, dass der Glühspan abspringt und nicht anhaften bleibt.

Beim Walzprocess werden anfangs zwei Stabstücke abwechselnd durch die Walze gelassen, sobald aber die Länge des Blechs grösser wird und Doppelung angewendet wird, wird ein Packet um das andere in den Glühofen gebracht.

Es tritt bei dem Walzen sowohl dieser zusammenhängenden Packete, als auch beim Walzen mehrfach übereinandergelegter Blechtafeln (wie bei der Herstellung der gewöhnlichen Schwarzbleche) eine erwähnenswerthe eigenthümliche Erscheinung hervor; es strecken sich nämlich die inneren Bleche stärker als die äusseren, weil sie wärmer bleiben [1]). Beim Walzen getrennter Tafeln wechselt man daher die Lage um, so dass die inneren Bleche nach einigen Durchgängen nach aussen kommen. Bei den zusammenhängenden Packeten des ganz dünnen gedoppelten Blechs geht dies natürlich nicht an, und es muss daher grosse Vorsicht angewendet werden, um ein Knittern und Falten zu vermeiden.

Die Blechpackete werden auf Blechgrösse genau beschnitten und dann geöffnet (*opened*), d. h. von einander getrennt, was oft nicht leicht ist, da sie durch Adhäsion sehr kräftig aneinanderhängen [2]). Man gewinnt 80 bis 90 Proc. Bleche aus dem angewendeten Schweisseisen.

Die englischen Maasse sind bei dreifacher Doppelung (8 Bleche) $14 \times 10''$, d. h. $35{\cdot}56 \times 25{\cdot}40$ cm, oder bei doppelter Streckung (2 Längen oder 16 Bleche) dieselbe Grösse oder $14 \times 20''$, d. h. $35{\cdot}56 \times 50{\cdot}80$ cm.

Die so getrennten und hierbei gleichzeitig sortirten Bleche unterliegen nun dem Beizprocesse (*pickling*). Sie werden in erhitzte verdünnte Chlorwasserstoff- oder Schwefelsäure eingetaucht (gewöhnlich 16 Volumen Wasser auf 1 Volumen käuflicher Säure. Arsenikhaltige Schwefelsäure ist sorgfältig zu vermeiden).

Die Säure befindet sich in bleiernen Trögen, welche behufs Erwärmung über einem kleinen Roste stehen. Besser sind solche Tröge, welche mit Bleiblech gefüttert sind und durch Dampfschlangen geheizt werden. Die Bleche werden hochkantig eingetaucht und langsam hin und her bewegt, bis aller Glühspan abgelöst ist. Die beiden Aussenplatten eines

---

[1]) Hierbei findet gleichzeitig eine stärkere Breitung der äusseren Bleche statt.

[2]) Zuweilen findet bei zu starker Erhitzung auch ein Aneinanderschweissen der inneren Blechlagen statt, was beim Versuche des Oeffnens ein Zerreissen der betroffenen Tafeln unvermeidlich zur Folge hat.

Packets sind stets stärker oxydirt als die übrigen, und werden daher für sich längere Zeit gebeizt.

Die Bleche werden nach dem Beizen in zwei bis drei Spülwasserbädern gewaschen, was wegen der Nutzbarmachung der anhaftenden Säure in Form von Eisenvitriol sparsamer ist, als das Abspülen unter fliessendem Wasserstrome. Dann lässt man die Bleche auf Ständern aus zwei Reihen verticaler Drahtstäbe abtropfen. Hierauf kommen sie in geschlossene gusseiserne Töpfe (*annealing boxes* oder *pots*), worin sie in einem Flammofen während 12 bis 24 Stunden heller Rothgluth ausgesetzt werden. Die Deckel der Töpfe, deren Querschnitt dem der Bleche entspricht, sind mit einer Feder versehen, welche in eine entprechende Nut des Topfrandes passt, und werden mit Sand oder Hammerschlag luftdicht abgeschlossen, seltener werden die Fugen mit Lehm verschmiert. Die Hitze wird möglichst hoch gewählt, ohne dass doch Schweisstemperatur erreicht werden dürfte. Die Bleche dürfen nachher nicht zusammenhaften. Die Thüren des Glühofens befinden sich zur ebenen Erde und die Töpfe werden auf kleinen Wagen, die auf Schienen laufen, ein- und ausgebracht. Nach der Glühung werden die Töpfe inner- oder ausserhalb des Ofens erkalten gelassen. Die Bleche werden bei der Herausnahme auf Freiheit der Oberfläche von Glühspan untersucht; wenn sie nicht rein sind abermals gebeizt, sonst aber zum Kaltwalzwerk gebracht, welches aus zwei sehr harten und gut polirten Walzen [1]) besteht, die genau horizontal eingestellt sind. Jedes Blech geht einzeln im kalten Zustande bei hoher Pressung hindurch und erlangt dadurch eine sehr glatte glänzende Oberfläche, auf welcher sich jede etwa zwischen das Blech und die Walzen gelangende Unreinigkeit [2]) genau abdrückt.

Die kalt gewalzten Bleche werden nun von Neuem in gusseisernen Töpfen geglüht, aber mit niedrigerer Temperatur als beim ersten Male, in stark verdünnter Schwefelsäure gebeizt und in einem mit fliessendem Wasser gespeisten eisernen Gefässe gewaschen. Sie werden darauf in einen zweiten Behälter mit Wasser geworfen, dort unter Wasser einzeln genau untersucht, und wenn nöthig mit Sand und Hanfbürsten gescheuert. Darauf gehen sie in die Hand eines zweiten Arbeiters, der sie einzeln sorgfältig untersucht und von jedem etwa zurückgebliebenen Fleckchen durch Scheuern und Reiben befreit. So sind sie fertig für die Verzinnung, welche später beschrieben werden wird.

b. Kesselblech.

Kesselbleche aus Schweisseisen werden der Regel nach aus kreuzweis gelegten Packeten von Rohschienen gewalzt, welche indessen oft eine

---

[1]) Zuweilen finden sich zwei oder drei Paare.

[2]) Z. B. selbst ein Haar.

Deckplatte und eine Fussplatte von bereits geschweisstem Eisen erhalten. Sollen höhere Anforderungen an die Festigkeit des Blechs gestellt werden, so hämmert man das Packet, ehe es gewalzt wird.

Bleche von mehr als 500 Kg lassen sich nicht mehr in einer Hitze auswalzen und müssen zwei- oder mehrmals in den Schweissofen zurückgebracht werden.

Trotz aller Vorsicht beim Schweissen sind geringe Einschlüsse von Schlacke nur schwer vermeidlich. Diese haben grosse Nachtheile, wenn das Blech zu Apparaten, welche erhitzt werden sollen, z. B. zu Dampfkesseln, verwendet werden soll. Bei der Erhitzung von aussen wirkt der Sauerstoffgehalt der Schlacke allmälig auf den Kohlenstoff des Eisens und bildet Kohlenoxyd. Dies bläht die Stelle auf, trennt die Lamellen und bildet eine Blase, welche von aussen leicht durchbrennt. Je kohlenstoffreicher das Eisen ist, um so stärker tritt diese Einwirkung hervor.

Es ist daher zuvörderst mehrfach versucht worden, die Kesselbleche aus Brammen herzustellen, welche aus je einer Luppe gewonnen sind, also Schweissnähte nicht enthalten [1]), jedoch ist auch hier der Einschluss von Schlackentheilchen vom Puddelprocesse her noch schwer zu vermeiden.

Auch für Kesselblech darf daher die zunehmende Verwendung des an sich schlackenfreien Flusseisens vorausgesetzt werden, um so mehr, als es mit der Vervollkommnung des Gusses der Blöcke immer mehr gelingt, blasenfreie Producte zu erzielen. Flusseisen-Blöcke, welche zur Blechfabrikation verwendet werden sollen, werden zuvörderst geschmiedet, abermals erhitzt und können dann in einer Hitze ausgewalzt werden.

Die unter dem gemeinschaftlichen Namen Kesselblech erzeugten Bleche werden nicht allein zur Herstellung von Dampfkesseln, Reservoiren und anderen Gefässen gebraucht, sondern auch zur Construction von Brücken (Brückenbleche), als Träger für Locomotiven und Kohlenwagen und dergleichen mehr. Für letztere Zwecke haben sie oft eine beschränkte 0·6 m nicht überschreitende Breite. In diesem Falle schliessen sie sich unmittelbar an das Flacheisen an, und können, wie dieses, unter Universalwalzen hergestellt werden, bei welchen dann übrigens stets die Verticalwalzen vorn stehen. Die Verticalwalzen werden gleich in einer solchen Entfernung festgestellt, dass deren Berührung durch das Eisen erst nach mehrmaligem Durchgange, wenn die erforderliche Breite beinahe erreicht ist, stattfindet.

Obwohl in den meisten Gegenden und Ländern gewisse übliche Dimensionen für Kesselbleche bestehen, z. B. 1100 mm Länge, 590 mm Breite, 10 mm Stärke, so dass die Bleche auf Lager gearbeitet werden, so kommen doch je nach dem Drucke, dem ein Kessel ausgesetzt ist, oder der Last, welche ein Brückenblech zu tragen hat, vielfache Abweichungen

[1]) Vergl. S. 597.

in der Stärke vor; aber auch die übrigen Dimensionen weichen mannigfach ab. So wählt man für Feuerrohrbleche gern 1 m Breite, um die Verstärkungsringe in dieser Entfernung anbringen zu können, und nimmt die Länge gleich dem Umfange des Feuerrohrs, um nur eine Nietreihe nöthig zu haben.

Die Walzen müssen eine der Breite des Blechs entsprechende Länge haben, welche sich zu jener verhält = 1 : 1·1 bei grossen und = 1 : 1·3 bei geringen Dimensionen. Die gewöhnlichen Blechwalzen haben 1·5 m Länge, 0·34 bis 0·60 m Durchmesser und machen 25 bis 35 Umdrehungen, bei Benutzung eines Motors von 60 bis 80 Pferdestärken.

Neuerdings walzt man aber auch bis zu 2 m breite Bleche. Die Walzen müssen bei der hierfür erforderlichen grossen Länge sehr stark gemacht werden, um nicht eine Durchbiegung beim Walzen zu erleiden und ein in der Mitte stärkeres Blech zu liefern. Diese grossen Blechwalzen haben 2·44 m Länge und 0·66 m Durchmesser, machen 30 Umgänge in der Minute und erfordern einen Motor von 120 Pferdestärken.

Bei der Berechnung des für ein Blech erforderlichen Packetes muss man Abbrand und Gewicht der Abschnitte zu dem Gewichte des fertigen Products zulegen.

Zwei Beispiele [1]) werden dies erläutern:

1. Brückenbleche von 4·3 m Länge, 1 m Breite, 10 mm Dicke aus packetirtem Eisen:

43 × 7·78 [2]) = 334·54 Kg ist das Gewicht des fertigen Bleches,
33·45 „ = 10 Proc. Abschnitte von vier Seiten,

367·99 Kg Gewicht des Rohbleches
18·39 „ = 5 Proc. Verlust in der zweiten Hitze,

386·38 Kg Gewicht vor dem Fertigwalzen,
38·63 „ = 10 Proc. Verlust in der ersten Hitze,

425·01 Kg Gewicht der Bramme,
63·75 „ = 15 Proc. Schweissverlust,

488·76 Kg Packetgewicht.

[1]) Aus Alphons Petzhold, Fabrikation, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahnmaterial.

[2]) Specif. Gewicht.

2. Kesselblech von 1·192 m Breite, 4·359 m Länge, 0·013 m Stärke:
(1·192 × 4·359 × 13) . 7·78 =

530 Kg Gewicht des fertigen Blechs,
53 „ = 10 Proc. Abschnitte,

583 Kg Gewicht des Rohblechs,
30 „ = 5 Proc. Verlust in der zweiten Hitze,

613 Kg Gewicht vor dem Fertigwalzen,
61 „ = 10 Proc. Verlust in der ersten Hitze,

674 Kg Gewicht der Bramme,
70 „ = 10 Proc. Schweissverluste,

744 Kg Packetgewicht.

Die fertigen Bleche sollen zwar ganz frei von Beulen sein und man lässt sie um dies zu erreichen wohl mehrmals in mehr diagonaler Richtung durchgehen, soweit es die Breite der Walzen erlaubt; um indess möglichst vollständige Ebenheit zu erreichen, bringt man sie nach dem Walzen auf genau abgehobelte gusseiserne Unterlagen und glättet sie dort durch Schläge mit Holzhämmern. Bei sehr starken Blechen benutzt man eine schwere Walze zum Glätten, wie bei den Panzerplatten.

c. Panzerplatten.

Die stärksten Bleche, welche hauptsächlich zur Bekleidung von Kriegsschiffen und Hafenbefestigungen dienen, werden Panzerplatten genannt. Ihre Dimensionen sind durchschnittlich 1·4 m Breite, 0·11 bis 0·13, aber auch bis 0·2 m Stärke.

Man hatte früher geglaubt, durch Zusammenschweissen von Eisen unter dem Hammer bis zu den gewünschten Dimensionen die besten derartigen Platten herstellen zu können, und eine grossartige Fabrikation war in dieser Weise auf der Thames- Eisenhütte bei London eingerichtet worden, aber Schiessversuche zeigten, dass gewalzte Bleche weit mehr aushalten könnten, offenbar wohl, weil die durch die Erschütterung des Hammers in der grossen Masse vor der Abkühlung hervorgerufene grobkörnige Krystallisation eine geringere Haltbarkeit gewährleistet, als die sehnige Structur der gewalzten Platten. Jetzt hat man allgemein den Walzprocess angenommen.

Als Material dienen Puddelluppen, und zwar solche aus möglichst weichem, d. h. kohlenstoffarmem Eisen. Je fünf solcher Luppen von etwa 40 Kg werden zuvörderst zu Brammen ausgehämmert. Die Brammen werden aufeinander gelegt, geschweisst und zu einem Bleche von ca. 2·5 cm Stärke, 32 cm Breite und 1·5 m Länge ausgewalzt. Je 3 bis 5 solcher Bleche werden aufeinandergelegt, abermals geschweisst und zu einem Bleche ausgewalzt, welches bereits annähernd die Dimensionen

der fertigen Platte besitzt. Die Walzen haben 0·63 bis 0·75 m Durchmesser. Die gleiche Zahl solcher Bleche geben dann die fertige Panzerplatte. Sie kommen in einen Schweissofen, dessen der Grösse der Bleche entsprechender, ca. 1·5 m breiter und 3 m langer Herd von zwei Seiten gefeuert wird. Es gehen Roste der ganzen Länge des Ofens entlang und die Flamme steigt über Feuerbrücken in den überwölbten Herdraum, um durch Oeffnungen in der Sohle in den Feuercanal und zur Esse abzuziehen.

Das unterste Blech wird von einem Kranze in grösseren Zwischenräumen auf der Sohle flach aufliegender feuerfester Ziegel getragen, welche die Umspülung desselben von der Flamme auch auf der Unterseite gestatten. In gleicher Weise wurden früher auch die aufeinander zu schweissenden Bleche von einander getrennt gehalten. Da indessen die Herausnahme der Ziegeln nicht unbedeutende Schwierigkeiten macht und leicht zu starke Abkühlung hervorruft, so legt man jetzt meist kleine Eisencylinder, wie sie beim Lochen starker Bleche erhalten werden, zwischen je zwei Bleche. Diese werden, wie die Bleche selbst, schweisswarm und walzen sich nachher ohne Schwierigkeit mit ein. Werden diese Stängelchen nur abwechselnd gestellt, so bieten sie keinen grossen Widerstand beim Walzen.

Ist das ganze Packet stark schweisswarm, so wird es vermittelst einer grossen Zange, die an einer Kette hängt, herausgezogen. Die Kette schlingt man gewöhnlich um eine der Walzen und lässt bei langsamer Umdrehung das Herausziehen durch die Walzmaschine besorgen. Jedoch kommen neuerdings besser besondere hydraulische oder durch Dampf betriebene Ausziehvorrichtungen zur Anwendung.

Das Packet wird auf die Platte eines auf etwas gegen das Walzwerk geneigten Schienen stehenden Wagens, welcher vorläufig gebremst ist, gezogen. Die Platte dieses Wagens besteht aus einem Rahmen, in welchen parallel zu der Ofenthür und dem Walzwerk leicht gehende Rollen eingelegt sind. Der Wagen wird darauf entbremst und rollt gegen das Walzwerk, in dessen unmittelbarer Nähe er mit den Vorderrädern gegen die hier hakenförmig aufgebogenen Schienen läuft. Durch das Moment der Bewegung gleitet das Packet auf der Rollenplatte des Wagens weiter und gelangt ohne oder mit nur geringer Nachhülfe zwischen die inzwischen in Gang gesetzten Walzen, welche es durchziehen und schweissen. Auf der anderen Seite befindet sich ein Rollentisch, von welchem das Packet nach Umkehrung der Walzenbewegung wieder zurückgelangt. Ein drei- bis fünfmaliger Durchgang genügt gewöhnlich zur Fertigstellung der Panzerplatte, da diese letzte Operation weit weniger eine Streckung als vielmehr eine möglichst vollkommene Schweissung bezweckt.

Die fertige Platte wird endlich mittelst eines Laufkrahns aufgenommen und auf eine starke eiserne Unterlagsplatte gebracht, welche auf beiden Seiten an geneigte Ebenen anschliesst. Auf einer derselben liegt, durch Haken festgehalten, eine schwere Rolle, die nunmehr freigegeben

wird und über die Platte läuft. Mehrmaliges Hin- und Herziehen, welches durch das Abrollen von den schiefen Ebenen erleichtert wird, glättet die Panzerplatte hinreichend.

Nach den bisherigen Erfahrungen scheint ein weiches sehniges Eisen das günstigste Material für Panzerplatten zu sein, und alle Versuche, härtere Materialien (Stahl) ganz oder theilweise zu verwenden, sind gegenwärtig noch ohne Erfolg geblieben, jedoch dürfte auch hier das weiche Flusseisen den Vorzug gegen dies Schweisseisen verdienen, wenn nicht etwa grade durch die unvollkommenen Schweissnähte die Erschütterungen des anschlagenden Geschosses gemässigt werden sollten, für welchen Fall einzeln zusammengelegte schwächere Platten noch besser wirken müssten.

Fertigstellung der Bleche.

Da die Bleche ohne begrenzte Breitung hergestellt werden, so erhalten sie nicht nur in der Längsrichtung, sondern auch in der Breitenrichtung zackige (unganze) Ränder. Diese Ränder müssen entfernt werden und dies geschieht bei allen Blechen, welche zu der Art der Schwarzbleche oder der Kesselbleche gehören, durch Scheren; nur bei den ganz starken Arten der Panzerplatten genügen diese Werkzeuge nicht und man muss Stoss- oder Hobelmaschinen anwenden.

Blechscheren[1]).

Die Scheren zerfallen nach der Bewegungsart der Schneiden in Maul- oder Backenscheren, bei denen die eine Schneide feststeht, während die andere um eine horizontale Axe schwingt, in Parallelscheren, bei denen zwar ebenfalls die eine Schneide feststeht, aber die andere senkrecht auf- und niedergeht, und in Circularscheren, bei denen beide Schneiden beweglich sind und den Rand rotirender Scheiben bilden.

Die Schneiden bestehen aus Stahl; bei den beiden ersten Arten von Scheren werden sie so angeordnet, dass sie sich leicht auswechseln lassen; bei den Circularscheren sind sie dagegen mit den Scheiben aus einem Stück. Die gegen einander liegenden Flächen der Scheren sind parallel, der Regel nach vertical gestellt, die äusseren Flächen der Schneiden bilden mit den inneren einen Winkel von 6 bis 8°.

Maul- oder Backenscheren.

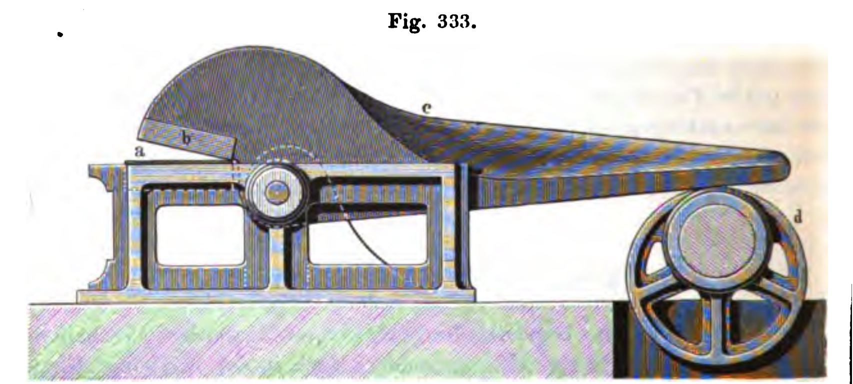
Die Maul- oder Backenscheren dienen zum Beschneiden der Blechsorten von mittlerer Stärke — übrigens auch öfter zum Zerschnei-

[1]) Hauer, Hüttenwesensmaschinen S. 576.

den der Stäbe behufs Packetirung derselben, zum Abschneiden der Enden u. s. w. — Sie bestehen aus einem festen Gerüste, an welchem sowohl die festliegende Schneide befestigt ist, als auch die Drehzapfen für den die bewegliche Schneide tragenden doppelarmigen Hebel liegen.

Die einfachste Art solcher Scheren ist in Fig. 333 abgebildet.

Fig. 333.



a ist die festliegende, *b* die am Hebel *c* befestigte bewegliche Schneide. Die Bewegung erfolgt hier durch ein Excentrik *d*, kann aber auch durch Kurbelübertragung u. s. w. geschehen. Statt des graden Hebels wird wohl eben so oft ein Winkelhebel, dessen Angriffspunkt dann unter der Hüttensohle liegt, benutzt. Auch doppeltwirkende Scheren kommen vor, bei denen ein Winkelhebel mit hin- und herschaukelndem, zweiarmigem Kopfe angeordnet ist.

Vielfach findet eine Bewegungsübertragung vom Walzwerke aus statt, was abgesehen von der ungleichen Belastung der Walzwerksmaschinen auch noch den Nachtheil hat, dass das Schneiden nur geschehen kann, wenn gleichzeitig gewalzt wird.

Die Maulscheren haben den Nachtheil, sich nicht leicht ausrücken zu lassen. Sie machen 15 bis 20 Schnitt in der Minute. Das in der Zwischenzeit zwischen das Maul geschobene Blech muss daher in grosser Eile gerichtet werden, um den Schnitt genau wirken zu lassen. Ein zweiter Nachtheil liegt darin, dass wenn das zu schneidende Blech länger als das Maul ist, eine sehr starke Spannung der zerschnittenen Eisentheile um den Scherenarm herum stattfindet, wodurch die zerschnittenen Blechtheile verbogen werden.

Um Blech von bestimmter Länge zu schneiden, wird ein Halter am Gerüst angebracht, gegen welchen das Blech jedesmal vorgeschoben wird, so dass ein Vorzeichnen der Breite oder ein jedesmaliges Nachmessen nicht erforderlich wird.

Parallelscheren.

Bleche, welche für Maulscheren zu stark sind, oder welche behufs Erzielung sehr genauer Schnitte eine längere Zeit der Einrichtung bedürfen, werden unter Parallelscheren beschnitten.

Auch bei diesen liegt die feste Schneide in einem mit dem Fundament verbundenen Gerüst. Dies Gerüst ist aber nach oben rahmenförmig verlängert und dient als Führung für die bewegliche Schneide, welche vertical auf- und abbewegt wird, selbst aber behufs allmäliger Ausführung des Schnitts eine Neigung gegen den Horizont von durchschnittlich 7 bis 8°, bei sehr breiten Scheren von nur 3 bis 4° erhält.

Die Figuren 334 bis 337 (a. S. 866 u. 867) zeigen eine solche Schere. Hier wird die bewegliche Schneide *gh* gegen die festliegende *i* durch die Excenter *e* bewegt. Um nun vor dem Schneiden Zeit zum Richten zu erhalten, wird die bewegliche Schneide durch Ausrückung zweier sie mit den stetig bewegten Excentriks verbindenden Stutzen *f* (vermittelst der Hebel *mn*) still gestellt. Die durch Gegengewichte (welche am Hebelwerke *l*, Fig. 335, wirken) hinreichend abbalancirte bewegliche Schneide behält ihre hohe Lage so lange bei, bis die genannten Stutzen wieder eingerückt werden.

Mit einer Parallelschere kann man bis 12 Schnitt in der Minute, aber selbstverständlich beliebig weniger machen. Die Breite der Schneiden wird den Blechdimensionen entsprechend gewählt, selten aber über 3 m genommen. Will man die Schere daher zu längeren oder breiteren Blechen benutzen, so müssen die Ständer gekröpft sein (vergl. Fig. 335), damit das Blech Platz erhält.

Je geringer die Hubhöhe ist, um so mehr Schnitte können in gleicher Zeit ausgeführt werden, man macht daher die Neigung der beweglichen Schneide so klein als möglich.

Der grösste Widerstand gegen das Abscheren kann nach Hauer[1])

$$Q = 2500 \frac{\delta^2}{n} \text{ Kg}$$

gesetzt werden, wenn δ die Blechdicke, n die Neigung der beweglichen Schneide bedeutet[2]).

Ist also $n = \frac{1}{16}$, so wird $Q = 40\,000\ \delta^2$ Kg (δ in Centimetern ausgedrückt).

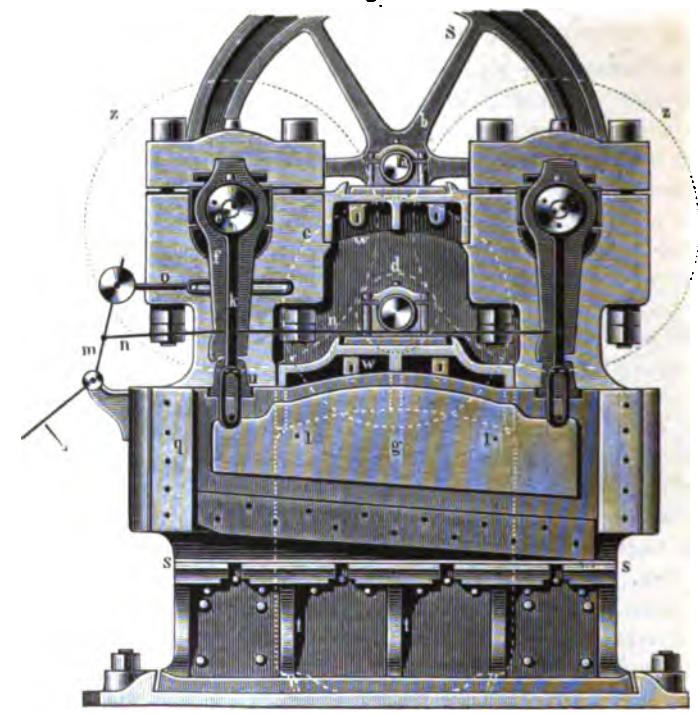
Nach Anderen ist der Arbeitsaufwand einer Schere in Meter-Kilogramm $A = \frac{Q\delta}{100}$, wenn Q der Widerstand des Bleches und δ die

---

[1]) Op. cit. S. 584.

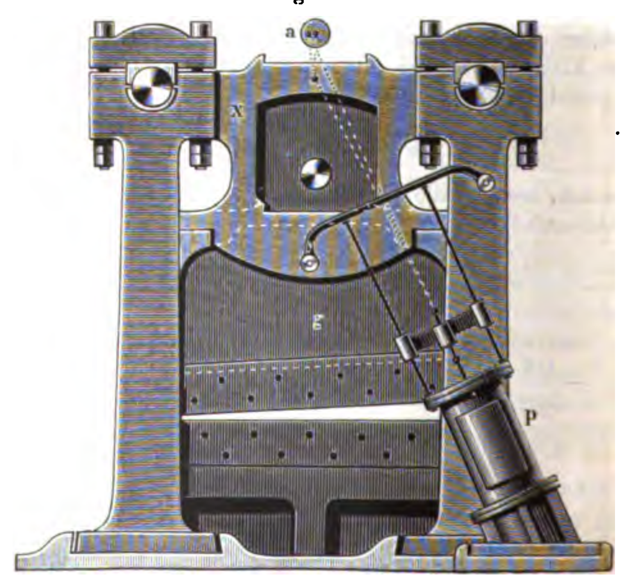
[2]) Die Schneide durchdringt bei einer Blechdicke δ beim Schneiden auf $\frac{\delta}{n}$ jederzeit das Blech.

Fig. 334.



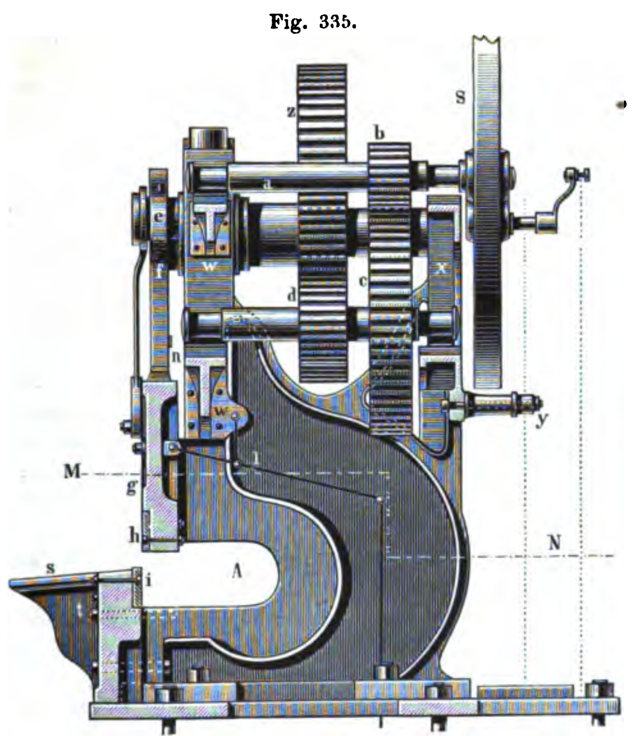
Blechschere, vordere Ansicht.

Fig. 336.



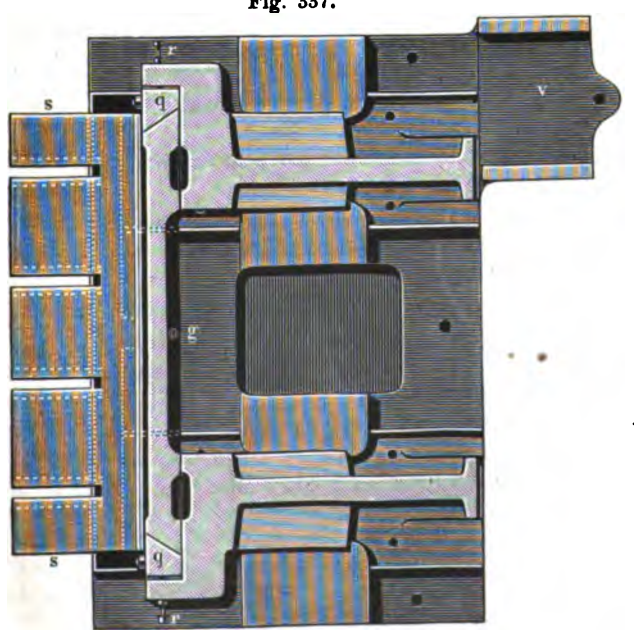
Motor der Blechschere.

Fig. 335.



Blechschere, Seitenansicht.

Fig. 337.



Grundriss der Blechschere nach *M N*.

Dicke des Blechs in Millimetern bezeichnet. Q soll bei einer Blechbreite b^{m} und parallelen Schneiden $= 49{\cdot}5\ b\delta$ beim Schneidewinkel $\alpha = 49{\cdot}5\ \delta^2 cotg\,\alpha$ Kg sein.

Da die Schere um so kürzere Zeit Arbeit leistet, je grösser sie ist, weil das schwere Blech, für welches sie bestimmt ist, nothwendig mehr Arbeit zum Einrichten beansprucht, als ein dünnes und leichtes, so bleibt in der Zwischenzeit grade bei grossen Scheren reichlich Gelegenheit dazu, die überschüssige Maschinenkraft in einem Schwungrade (S, Fig. 334 u. 335) aufzusammeln, um sie beim Schnitt selbst zu verwerthen.

Ueber die Betriebskraft macht Hauer folgende Angaben:

„Die mit Dampfkraft betriebenen Parallelscheren von 1·6 bis 2 m Schnittlänge erhalten bei 3 Atmosphären Dampfdruck gewöhnlich einen Cylinder von 20 bis 30 cm Durchmesser, 40 bis 60 cm Hub und 100 bis 150 Doppelhübe pro Minute, dabei 6- bis 18fache Umsetzung, d. h. die Zahl doppelter Kolbenläufe ist 6- bis 18mal so gross, als die Zahl der Schnitte."

„Bei Dampfmaschinen von den obigen Dimensionen findet man Schwungringe von 1·6 bis 2 m Durchmesser und 800 bis 1200 Kg Gewicht. Es lassen sich mit einer solchen Schere 3·3 cm starke und 1 m breite Bleche schneiden, bei 1·5 m breiten Blechen muss schon ein 1700 Kg schwerer Schwungring angewendet werden."

„Eine Schere für 2·5 m breite und 4 cm dicke Bleche erfordert bei 120 Umgängen der Kurbelwelle und 12facher Umsetzung einen Cylinder von 0·5 m Durchmesser und 0·5 m Hub und ein Schwungrad von 2·5 m Durchmesser und 300 Kg Gewicht."

Circularscheren.

Circularscheren kommen nur für sehr schwache und besonders für gleichzeitig lange Bleche zur Anwendung.

Die Scheiben zur Circularschere erhalten je nach der Dicke des Blechs 2 bis 4 cm Stärke und 16 bis 32 cm Durchmesser. Sie greifen um 0·6 bis 1·2 cm übereinander.

Selten kommt es vor, dass an Stelle der einen rotirenden Scheibe eine feststehende, lineare Schneide benutzt wird. In diesem Falle wird entweder die Scheibe an der geraden Schneide entlang bewegt oder die letztere an jener vorbei.

Die Scheiben bestehen meist ganz aus Stahl, so dass sie so lange abgeschliffen werden können, bis ihr Durchmesser zu klein zum Gebrauche wird. Der Regel nach erhalten beide (selbstverständlich in umgekehrter Richtung rotirende) Scheiben einen gleichen Durchmesser.

Das Schneiden des Blechs.

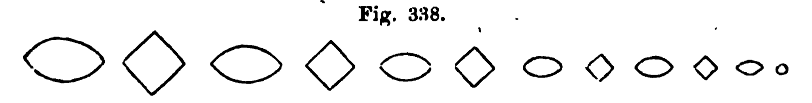
Sind Messvorrichtungen nicht mit der Schere verbunden, so wird auf das fertige Blech die richtige Grösse mit Kreide durch Schnuren oder an Linealen aufgetragen. Bei Maul- und Parallelscheren wird dann das Blech mit der Hand unter die Schere geschoben und frei vor dem Umkippen bewahrt. Bei den Parallelscheren dient eine Tischplatte (s, Fig. 334, 335 u. 337) zur Auflage und zuweilen eine Spannvorrichtung zum Festhalten beim Schnitt.

Für die Circularscheren wendet man einen fahrenden Tisch an, auf welchen das Blech gelegt, und auf dem es gegen die Schere bewegt wird. Der Tisch besitzt ein stellbares Lineal, gegen welches das vorher aus freier Hand an einer oder zwei Kanten beschnittene Blech angelegt wird, um die richtigen Dimensionen zu erhalten.

8. Drahtfabrikation.

Walzdraht. Rundeisen kann man auf 4 bis 6 mm Durchmesser hinab noch walzen, ausnahmsweise kommen sogar gewalzte Sorten von 2 mm Durchmesser vor. So dünne und dabei sehr lange Stäbe nennt man Walzdraht. Zur Herstellung des Walzdrahts dient ein Feineisenwalzwerk von möglichst grosser Umdrehungsgeschwindigkeit. Die Streckung erfolgt hier durch abwechselnde Quadrat- und Ovalkaliber. Die Construction der letzteren ist bereits S. 805 beschrieben. In derselben ist die Breite $b = 1{\cdot}414\ r$, wenn r die Seite des umschriebenen Quadrats bedeutet, und die Höhe $h = 0{\cdot}5858\ r$. Aus dem letzten Ovalkaliber geht dann das Eisen noch in ein Rundkaliber von der Höhe des letzten Ovals. Fig. 338 zeigt eine solche Kaliberreihe. Das Eisen, welches in Folge der starken Streckung sich über seine ursprüngliche Temperatur

Fig. 338.



hinaus zu erhitzen pflegt, geht gleichzeitig durch mehrere (2 bis 3) Kaliber, weshalb das Walzen sehr grosse Geschicklichkeit erfordert. In die Hüttensohle eingerammte eiserne Pfähle, um welche das Eisen geführt wird, schützen die Arbeiter vor Verletzungen der Füsse. Die Walzen haben 0·4 bis 0·6 m Länge, 0·2 bis 0·3 m Durchmesser und machen 220 bis 250, selbst 300 bis 500 Umdrehungen per Minute (Schnell- oder Courierwalzwerke).

Das Material für den Walzdraht muss ein ganz schlackenfreies Kolbeneisen sein; unter den Schweisseisensorten ist das Feinkorneisen vorzuziehen, aber am besten eignet sich stets Flusseisen oder weicher Gussstahl.

Die Kolben, welche 45 mm im Quadrat und 600 bis 700 mm Länge haben, werden in Schweissöfen, welche einen Herd von 2·32 m Länge und 1·28 m Breite, bei 0·50 m hohen Gewölben besitzen, erhitzt. Man setzt ca. 225 Kg (25 bis 30 Kolben) ein, welche in ca. 12 Minuten warm sind, und in derselben Zeit verwalzt werden.

Beim Austreten aus dem Walzwerk wird der ca. 60 m lange Draht auf eine aus eisernen Stäben bestehende, durch Hand, selten durch das Walzwerk selbst mechanisch gedrehte Trommel aufgewickelt. Das Drahtbündel (Drahtring) wird nun noch warm abgestreift und in verticale, mit einer Schamotteschicht oder einem Sandmantel umgebene Retorten gebracht, in denen es langsam erkaltet.

Hierdurch wird sowohl eine zu starke Oxydation der Oberfläche, als auch eine durch schnelle Abkühlung hervorgerufene Sprödigkeit möglichst vermieden; dennoch ist ersteres nicht ganz zu umgehen und eine ziemlich starke Glühspanbildung unvermeidlich. Man rechnet auf 10 Proc. Abgang.

Beizen und Scheuern des Drahtes. Es folgt daher nach dem Erkalten ein Beizen in verdünnter Schwefelsäure, in welcher 3 Kg sogenannter käuflicher Säure von 66° B. auf 250 Liter Wasser kommen.

Die Säure befindet sich in einem Bassin, welches ca. 50 bis 60 Drahtringe aufzunehmen im Stande ist. Nach 20 Minuten ist die Beizung vollendet, die Drahtringe werden herausgenommen und abgewaschen. Die überschüssige Säure wird durch heisse Kalkmilch neutralisirt.

Das Abwaschen erfolgt unter Zuhülfenahme von mechanischen Reibmitteln und geschieht auf mehrfache Weise. Die üblichste Vorrichtung hierfür ist das Polterwerk, welches aus einer Reihe von doppelarmigen, 3 m langen Hebeln besteht, welche an der einen Seite nach Art der Schwanzhämmer abwechselnd von einer Daumwelle hinabgedrückt werden, worauf das andere Ende, welches mit dem durch einen aufrecht stehenden Stift gehaltenen Drahtring belastet ist, etwa 1 m hoch frei niederfällt und auf einen unterliegenden Sandstein hart aufschlägt. Durch die Erschütterung fällt der Glühspan, welcher durch die Säure gelockert war, ab und wird von dem beständig überfliessenden Wasser in einen Sammelkasten geführt. Statt des Polterwerks wendet man auch rotirende Fässer an, in denen unter beständigem Zu- und Abfluss des Wassers durch die durchlochten Wandungen der Glühspan vermittelst der Reibung an Sandsteinstücken abgescheuert wird. Neuerdings wendet man eiserne Trommeln an, welche um eine zur Trommelaxe rechtwinklige Horizontalaxe rotiren und in denen die Drahtringe auf einem Gestell auf- und abfallen.

Man hat vielfach versucht, das Beizen ganz zu umgehen, theils um die Kosten der Säure zu sparen, theils um die grossen Uebelstände, welche für die Nachbarschaft von Drahtwerken durch die abfliessenden und die Gewässer verunreinigenden Beizwasser entstehen, zu vermeiden.

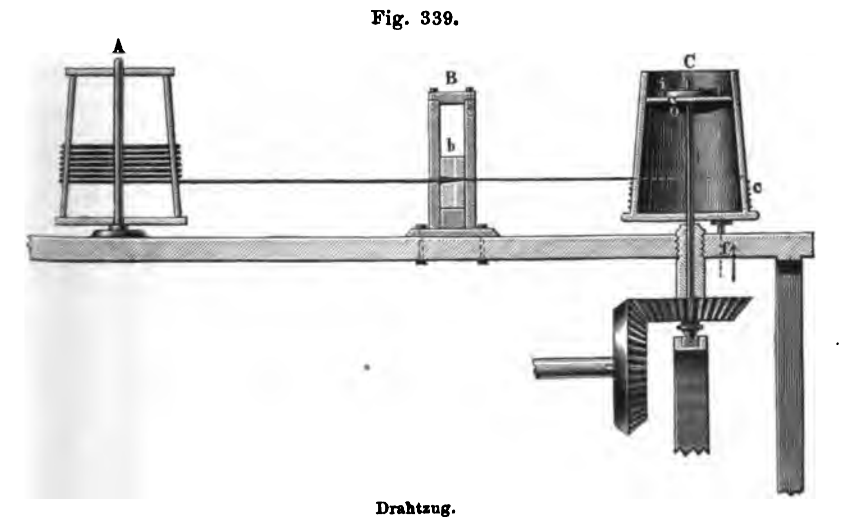
Man biegt zu diesem Zwecke den Draht durch Rollen nach mehreren Richtungen, führt ihn dann durch Schabeisen, Schmirgelwalzen oder Sandkästen, damit der Glühspan losspringt. Nur bei ganz feinen Drähten lohnt sich ein eigentliches Abschmirgeln oder Scheuern mit der Hand.

Ziehen des Drahtes. Der so vorbereitete Draht kommt nun in den Drahtzug, welcher aus einer Reihe von Ziehbänken besteht, auf denen der Draht stetig kleinere Querschnittsdimensionen erhält. Er wird zu diesem Zwecke im kalten Zustande durch eine Anzahl conischer Oeffnungen hindurchgezogen.

Jede Ziehbank besteht aus 1) dem Haspel, auf welchen der zu ziehende Drahtring aufgelegt wird und von dem derselbe sich abwickelt, 2) dem die Kaliber enthaltenden Zieheisen, 3) der Leier oder Zugtrommel, welche den Draht durch das Zieheisen hindurchzieht.

Eine solche Ziehbank ergibt sich aus nachstehender Figur 339.

Fig. 339.



Drahtzug.

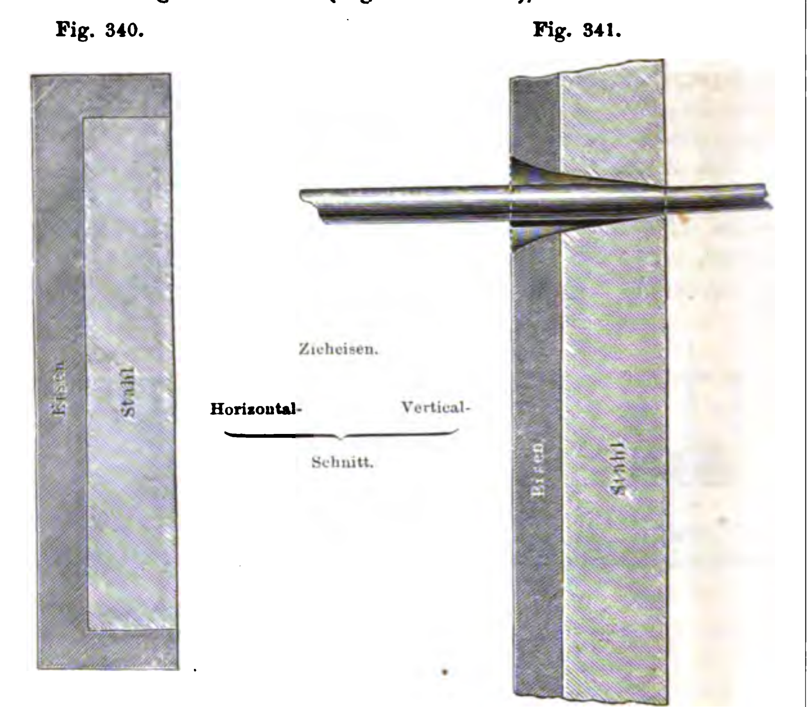
Haspel. Der Haspel *A* besteht aus einer etwas conischen, aus Eisenstäben gebildeten Trommel, welche auf eine auf dem Tische feststehende Axe gesteckt wird und sich auf dieser frei drehen kann. Um ein zu schnelles Abwickeln zu vermeiden, ist zuweilen eine Frictionsfeder angeordnet, welche die Trommel zurückhält.

Das eine Ende des aufgeschobenen Drahtringes wird zugespitzt, um bequem durch das Kaliber zu gehen. Die Zuspitzung geschieht der Regel nach durch Hämmern des in einer kleinen Flamme glühend gemachten

Endes bei stärkeren, durch Abfeilen bei schwächeren Drähten. Zuweilen presst man auch die Spitzen an den erwärmten Draht, was zwar eine besondere Vorrichtung erfordert, aber das einfachste und schnellste Mittel zu sein scheint.

Zieheisen. Das zugespitzte Ende des Drahtes wird durch das Zieheisen (*b*, Fig. 339) gesteckt. Das Zieheisen ist eine in einen Rahmen (*B*, Fig. 339) eingefügte Platte, welche der Regel nach aus Eisen und Stahl zusammengeschweisst ist (Fig. 340 und 341), für feinere Drahtsorten

Fig. 340. Fig. 341.



Zieheisen.
Horizontal- Vertical-
Schnitt.

aber ganz aus Stahl, dessen eine Seite gehärtet ist, besteht und für ganz feine zu Präcisionsinstrumenten gebrauchte Drahtsorten sogar Steinlöcher (in Messingplättchen gefasste Rubine, Saphire oder Diamanten) enthält.

Uebrigens darf das Zieheisen weder zu hart noch zu weich sein, sondern muss der Metallhärte des Drahtes gut angepasst werden.

Die Kaliber sind conisch. Sie werden vermittelst sorgfältig zugespitzter und angeschliffener gehärteter Gussstahldorne kalt eingeschlagen. Der Dorn wird auf der Eisenseite angesetzt, so dass also der kleinste Durchmesser auf der härtesten Seite liegt. Im Allgemeinen schlägt man die Löcher stets etwas zu eng und erweitert sie nach genauen Messungen des durchzogenen Probedrahtes nachträglich erst durch Ausreiben.

Wichtig ist das richtige Maass der Conicität der Löcher. Der Draht darf nur wenig anliegen, wie die Fig. 341 zeigt.

Das Loch wird so hergestellt, dass der Draht die Eisentheile selbst nicht berührt und auch in der Stahlplatte nur etwa auf $^1/_3$ der Länge ganz anliegt. Bei zu starker Conicität zerreisst der Draht, bei zu geringer erweitert sich das Loch zu schnell. Auch wird bei sehr geringer Conicität eine zu starke Reibung erzeugt, welche ebenfalls ein Abreissen des Drahtes beim Ziehen herbeiführen kann. Eine zu geringe Abnahme in der Kaliberfolge muss daher ebenso vermieden werden, wie eine zu starke.

Das Verhältniss der Verkleinerung ist ein geringeres bei harten (kohlenstoffreichen oder ohne Ausglühen öfters gezogenen) und bei feinen Drähten, als bei weichen oder starken, schwankt aber überhaupt nur zwischen 0·886 und 0·971.

Man wählte früher die Abnahmeverhältnisse so, dass sie gleichzeitig den Dimensionen des verkäuflichen Drahtes entsprachen, d. h. dass man den durch eine Oeffnung gezogenen Draht ebensowohl auf Lager nehmen, als weiterziehen konnte. Seit man indessen in Folge von Vereinbarung auf der Wiener Ausstellung 1873 eine dem Metermaasse angepasste Drahtlehre [1]) gewählt hat, ist dies nicht mehr möglich. Der Nachtheil ist allerdings kein grosser, denn man thut in der Praxis viel besser, das Fertigkaliber jedes Drahtes nicht als Vorkaliber für einen anderen zu benutzen.

Damit ein Abschaben des Drahtes beim Austritt aus dem Ziehloche vermieden werde, ist die Kante der Aussenseite etwas abgerundet (Fig. 341).

Beim Ziehen findet eine Zunahme des specifischen Gewichtes statt, es verringert sich daher das Volumen und folglich ist die Länge des gezogenen Drahtes nicht im Quadrat des Durchmessers grösser, als die des Materials. Die Nachstreckung des Drahtes vor dem Zieheisen hebt indessen diese Differenz nicht nur der Regel nach auf, sondern die Länge des gezogenen Drahtes ist sogar oft grösser, als dem Durchmesser entsprechen sollte.

Mit der Geschwindigkeit des Ziehens nimmt der Widerstand zu und ebenso die Härtung des Metalls. Man kann deshalb, da die Festigkeit mit dem wiederholten Ziehen ebenfalls zunimmt, um so schneller ziehen, je feiner der Draht ist, d. h. auch, je öfter er hinter einander gezogen worden ist, erhält aber auch ein um so härteres Product.

---

[1]) Die Nummern dieser aus den Vorschlägen von Ernst zu Hamm hervorgegangenen Drahtlehre geben das Zehnfache des Drahtdurchmessers in Millimetern an, also:

Nr. 1	entspricht	einer	Drahtdicke	von	0·1	mm
„ 2	„	„	„	„	0·2	„
„ 10	„	„	„	„	1·0	„
„ 20	„	„	„	„	2·0	„
„ 100	„	„	„	„	10·0	„

Die Zuggeschwindigkeit in der Secunde beträgt bei 1 mm starkem Draht 1·25 bis 1·5, bei 4 mm starkem nur 0·4, bei 8 mm starkem 0·2 Meter.

Leier. Die Zugkraft wird durch eine von einer Dampfmaschine oder einem Wasserrade in Umdrehung versetzte Trommel oder Leier (*C*, Fig. 339) ausgeübt, welche den ganzen Draht gleichzeitig wieder in Ringform aufwickelt, so dass er von dieser Trommel aufgenommen und direct auf die folgenden Haspel aufgelegt werden kann, um dem folgenden Zuge zu unterliegen. An der Leier wird das Anfangsende des Drahtes vermittelst einer Klemme oder Zange befestigt.

Durch denselben Motor werden zahlreiche Leiern in Bewegung gesetzt, von denen der Regel nach 4 bis 12 auf einem Tische vereinigt und in zwei Reihen angeordnet sind. Es ist also eine Kraftverschwendung, wenn sich nach vollendetem Ziehen eines Drahtringes sowohl, als nach einem zufälligen Zerreissen die betreffenden Leiern noch weiter drehen. Aus diesem Grunde sind stets mechanische Vorkehrungen, übrigens sehr mannigfacher Anordnung, getroffen, welche bewirken, dass in solchen Fällen die Leier sofort ausser Betrieb kommt. Der Regel nach wird Reibung benutzt, indem durch einen Stift oder eine Knagge (*o*, Fig. 339) die an dem Motor befestigten, sich stets drehenden Scheiben (*i*) so lange mit der Leier verkuppelt bleiben, als der Zug des Drahtes durch das Bestreben, die Leier in umgekehrter Richtung zu drehen, Reibung hervorruft, während, sobald dieser Zug aufhört, auch die Reibung nachlässt und eine Feder den Stift oder die Knagge emporschnellt, worauf die Leier still steht. Der Stillstand der Leier kann während des Zuges auch durch Bewegung eines Fusstritts oder Handhebels (*f*) erreicht werden.

Grobzug.

Ehe man es verstand, den Draht bis auf wenige Millimeter Stärke zu walzen, zog man das stärkere Rundeisen zuvörderst vermittelst einer Zange durch das Zieheisen. Die Zange legte sich mit ihren Schenkeln oder vermittelst eines besonderen Scharniers auf eine Kette ohne Ende, welche über zwei Rollen gespannt war und durch den Motor in Umdrehung gesetzt wurde; war der horizontale Weg vermittelst der oberen Hälfte der Kette zurückgelegt, so wurde die Zange geöffnet, zurückgeführt und wieder mit dem Draht verbunden. Die hierzu angewendete Vorrichtung [1]) heisst Stoss- oder Schleppzangenziehbank [2]). An jedem Angriffspunkte der Zange entsteht eine Einkerbung (Zangenbiss), welche den Draht verunstaltet und in seiner Festigkeit beeinträchtigt.

[1]) Vergl. Karmarsch, Technol. S. 216.

[2]) Man unterscheidet auch zwei Arten in dem Sinne, dass Stosszangen zurückkehren, also denselben Draht mehrfach packen, Schleppzangen den ganzen Draht ohne Unterbrechung ziehen, also immerhin nur kurze Stücke vollenden.

Jetzt wird dieser Theil des Drahtziehens (Grobzug) durch das Walzwerk vertreten.

Der Zug beginnt daher jetzt stets mit dem sogenannten Mittelzug, welcher den Durchmesser allmälig bis auf ca. 1·5 mm reducirt, die weitere Verfeinerung erfolgt auf dem Feinzug.

Mittelzug.

Das Ziehen bis zu der angegebenen Dimension muss behufs Zeitersparniss in solchem Maasse geschehen, dass die Festigkeit des Drahtes grade genügt, um ein Zerreissen zu verhüten. In Folge dessen wird der Draht jedesmal sehr hart und muss zum Theil vor jedem neuen Durchgange, der Regel nach aber nach jedem zweiten oder dritten Durchgange geglüht werden. Dies geschieht in ähnlichen gusseisernen Cylindern, wie beim Walzdraht, nur sind dieselben häufig ringförmig im Querschnitt, so dass also die Flamme sowohl aussen wie innen das Gefäss erwärmt. Ein solcher Cylinder fasst etwa 1500 Kg.

Der geglühete Draht wird wieder in verdünnter Schwefelsäure abgebeizt (8 Proc. Schwefelsäure von 66° B.), mit Wasser abgewaschen und in Kalkwasser getaucht, ehe er zum Ziehen zurückkommt. Vor dem Ziehloche wird eine Büchse mit Talgschmiere angebracht, durch welche der Draht läuft.

Feinzug.

Beim feineren Drahte braucht bis zu 1 mm hinab das Glühen immer nur nach jedem dritten Zug, dann gar nicht mehr zu erfolgen. Von dem feineren Draht entfernt man die Oxydationsschicht durch schwache Säuren, meist organischer Natur, wie sie sich in alter Bierhefe, faulendem Urin und dergleichen finden. Zum Schutze gegen erneute Oxydation lässt man den Draht beim Austritt aus diesen Flüssigkeiten durch eine darauf schwimmende Oelschicht oder einen mit Oel getränkten Schwamm oder Lederlappen laufen, oder verkupfert ihn schwach. Für letzteren Zweck wendet man eine Lauge aus 5 Gewichtstheilen Schwefelsäure, 3 Gewichtstheilen Kupfervitriol und 150 Gewichtstheilen Wasser an. Das Verkupfern wird wohl mehrmals wiederholt, darf aber nur so schwach geschehen, dass die Kupferhaut festhaften bleibt.

Das Verkupfern des Drahtes trägt übrigens auch zur Erhaltung des Zieheisens bei, weil die weichere Kupferhaut alle Unebenheiten des rauheren Eisendrahtes ausgleicht.

9. Herstellung von Eisenproducten unregelmässiger Form.

Fällt die Form des schmiedbaren Eisens weder in die Gruppe des Stabeisens, noch in die des Bleches oder des Drahtes, sondern ist sie ganz unregelmässig begrenzt, so geschieht die Herstellung der Regel nach durch Schmieden auf dem glatten Amboss, dem Hornamboss, oder in Gesenken unter dem mechanisch bewegten Hammer, bei kleineren Gegenständen ganz durch Handarbeit.

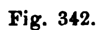
Für viele Gegenstände, deren Herstellung auf diese Weise ebenso kostspielig als zeitraubend wäre, lässt sich indessen auch die Pressarbeit anwenden. Man bedient sich hierzu der hydraulischen Presse nach Haswell'scher Construction, wie sie nebenstehend in Fig. 342 im Durchschnitt abgebildet ist. Vermittelst derselben wird das in den weissglühenden Zustand versetzte Eisen in eine meist mehrtheilige eiserne, zuweilen durch Wasser gekühlte Form gepresst, welche während der Arbeit in einer kastenartigen Hülle steht oder von starken Reifen zusammengehalten wird, damit bei dem starken Drucke die Fugen sich nicht öffnen können und Nahtbildung an dem Producte vermieden wird.

Auf diese Weise können sehr complicirte Theile, z. B. Axlager für Locomotiven, hergestellt werden und die Leistungen, namentlich von Borsig in Berlin, auf diesem Felde sind oft erstaunlich. Neuerdings hat man das Verfahren auch auf Speichenräder und andere Gegenstände übertragen.

Die Presse selbst besteht aus einem starken Gerüst BB_1 (Fig. 342) in dessen unteren Theil die Unterlage (Amboss oder Gesenk C) eingesetzt ist, während der obere Theil den hydraulischen Cylinder A trägt. Der Kolben A_1 ist mit einem leicht wechselbaren Einsatzstück (Hammerbahn oder Gesenk c) versehen. Der kleine Kolben a_1, welcher sich in dem Cylinder a bewegt, ist mit einem (im Durchschnitte gezeichneten) Kopfe T ausgerüstet und vermittelst zweier Stangen mit dem Presskolben A_1 fest verbunden. e_1 und e_2 stellen die Wasserzulass- und Abfluss-Canäle dar, während das Ventil f_1 die Verbindung zwischen den Wasserpumpen und dem Presscylinder A vermittelt, und f ebenso die Auslassröhre sperrt oder öffnet. Beide Ventile (f und f_1) werden mittelst zweier im Durchschnitt gezeichneter Hebel h und h_1 durch Dampfkolben oder mit Hand in Bewegung gesetzt. Die Ausflussröhre e_2 steht mit einem Cylinder in Verbindung, in welchem sich ein Kolben bewegt. Das Austrittswasser hebt diesen Kolben und kann zum Speisen der Pumpen benutzt werden.

Der Gang der Presse ist folgender: Bei geöffnetem Ventil *f* und geschlossenem Ventil f_1 wird Wasser unter den kleinen Kolben a_1 ge-

Fig. 342.



Centim. 100 50 0 1 2 3 Meter

pumpt. Dieser hebt sich und den angeschlossenen grossen Kolben A_1, während das in A befindliche Wasser durch e_2 austritt und in den ausserhalb stehenden Cylinder gelangt. Nun wird, nachdem das zu pressende Eisen eingelegt ist, über den Kolben des letzteren Cylinders Dampf geleitet. Der Kolben sinkt, presst das Wasser durch e_2 nach A und den Kolben A_1 schnell auf das Eisen. Dann wird Ventil f geschlossen und durch die Pumpen oder aus einem Accumulator langsamer directer Druck gegeben.

Die abgebildete Presse [1]) ist auf einen Druck von mehr als $1\frac{1}{2}$ Millionen Kilogramm berechnet.

---

[1]) Bullet. de la soc. de l'industr. min. t. IX, p. 53.

ANHANG.

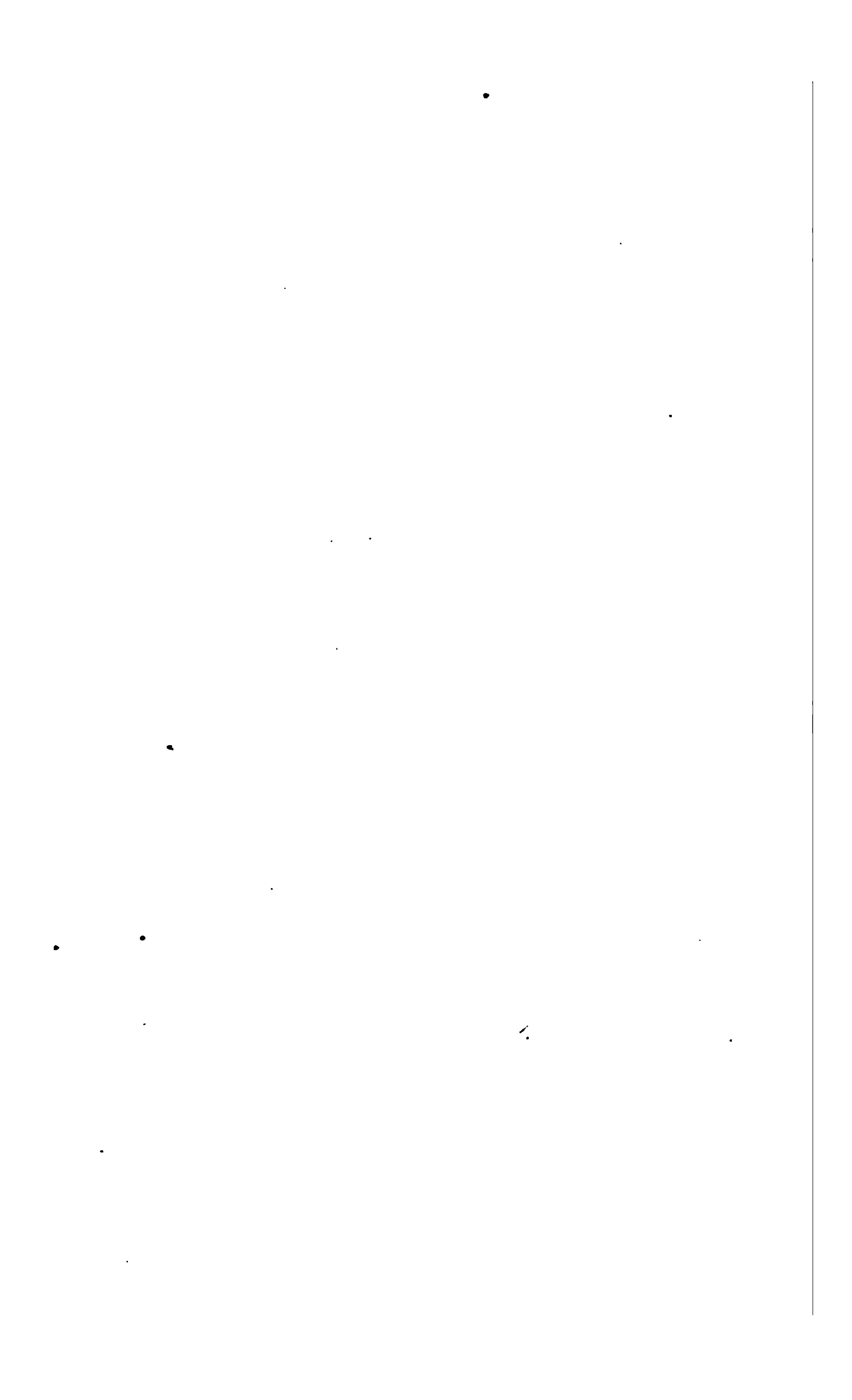
SCHUTZ

DES

SCHMIEDBAREN EISENS GEGEN ROST

UND

HÄRTUNG DES STAHLS.



Schutz des schmiedbaren Eisens gegen Rost.

Das schmiedbare Eisen ist in Folge seines geringeren Kohlenstoffgehalts weit mehr als das Roheisen dem Rosten unter Einwirkung feuchter Luft oder lufthaltigen Wassers [1]) ausgesetzt. Alle Theile, welche solcher Einwirkung unterliegen, müssen daher durch einen Ueberzug vor dem Einfluss des Sauerstoffs geschützt werden. Die hierzu angewendeten Ueberzüge sind entweder Anstriche, oder der Oxydation nicht oder weniger ausgesetzte Metallschichten, oder endlich Oxydüberzüge, welche so behandelt sind, dass eine tiefer dringende Oxydation vermieden wird.

Anstrich.

Der Anstrich, welcher das Eisen vor Rost schützen soll, muss erstens an sich undurchdringlich gegen Luft und Nässe sein, zweitens nicht springen oder reissen.

Zuvörderst wird deshalb ein Grund aufgetragen (Grundiren), welcher die innige Verbindung mit der Eisenoberfläche bewirkt. Der hierzu sorgfältig gereinigte, bei kleineren Abmessungen vorher abgebeizte Gegenstand wird mit einer gekochten Mischung von Mennige, Bleiweiss oder Grafit (selten Grünspan, Ziegelmehl oder thonigem Rotheisenstein) mit Leinölfirniss, überzogen. Darauf kommt dann der eigentliche, meist durch Zusätze von Metallfarben in einen bestimmten Ton gebrachte Anstrich, der, ähnlich zusammengesetzt wie die Grundirmasse, zu besserem Trocknen mit Terpentin versetzt zu sein pflegt.

Eiserne Gegenstände, deren natürliche Farbe erhalten bleiben soll, erhalten einen Ueberzug von durchsichtigem Firniss, einer Harzlösung, welche nach dem Trocknen eine glänzende, harte Schicht zurücklässt. Soll dagegen die Farbe des Ueberzugs besonders zur Geltung kommen, so wird eine Lackschicht aufgetragen [2]).

---

[1]) Vergl. Abtheil. I, S. 33.

[2]) Vergl. Karmarsch, Technologie S. 492 u. f.

Ueberzug mit einer Metallschicht.

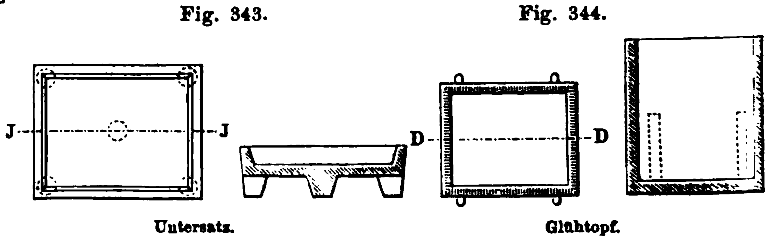
Verzinnung von Blech.

Zu den sich in Bezug auf die Oxydation durch die Luft an die edlen Metalle am meisten anschliessenden unedlen Metallen gehört vor allen das Zinn. Da nun das Zinn sich — vergl. Abtheilung I, S. 212 u. f. — gleichzeitig bei längerer Berührung in hoher Temperatur mit dem Eisen legirt, so wird in der That durch die Verzinnung ein vorzügliches, dauerhaftes Mittel gegen das Rosten gegeben.

Das Blech wird zuerst in der Weise behandelt, wie es S. 856 u. f. beschrieben ist. Zur Ergänzung jener Darstellung ist (in Fig. 343 und 344) ein Glühgefäss oder Glühtopf (*Annealing pot* [1]) dargestellt.

Derselbe besteht hier aus einem Untersatz, Fig. 343, auf welchen die zu glühenden Bleche direct gelegt werden. Ueber den Blechhaufen wird dann der Topf, Fig. 344, umgekehrt gestülpt und am unteren Rande gedichtet.

Fig. 343. Fig. 344.



Untersatz. Glühtopf.

Die Bleche, welche das Walzwerk verlassen haben und geöffnet worden sind (S. 856), werden durch Einstreuen von etwas Sägemehl vor erneutem Zusammenbacken in Folge von Adhäsion geschützt, gebeizt, mit Sand und Wasser gewaschen, in reinem Wasser aufbewahrt [2]) und dann zur Verzinnungsanstalt gebracht, vor welcher sie in einer mit Wasser gefüllten Kiste stehen, bis der erste Arbeiter Zeit hat, sie herauszunehmen.

Die Verzinnungsanstalt besteht, wie die Figuren 345 und 346 zeigen, aus einer Reihe von gusseisernen Gefässen, deren fünf von unten durch einfaches Rostfeuer geheizt werden können.

Das Blech nimmt den Weg von rechts nach links. Die Arbeiter bestehen aus einem Vorarbeiter (*tinman*), einem zweiten Arbeiter (*washman*) und zwei Knaben (*grease-boy* und *list-boy*).

In dem ersten Topf (*tinman's pot*) befindet sich geschmolzener Talg. Dort hinein werden die aus dem Wasser genommenen Bleche einzeln

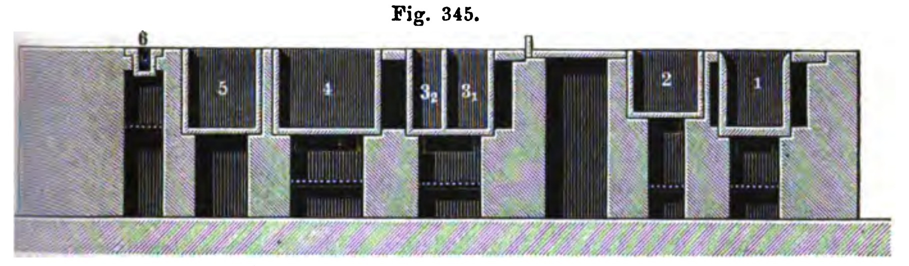
---

[1]) E. Rogers, Manufacture of tin-plates, Proceedings of the South-Wales Institute of Engineers, J. 1858.

[2]) Sie können hierin viele Monate liegen, ohne zu rosten.

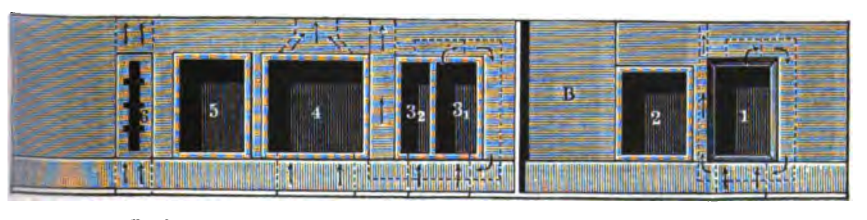
gesteckt und so lange darin gelassen, bis alle Feuchtigkeit von der Oberfläche verschwunden ist. Das Fett wird beim Gebrauch allmälig dickflüssig in Folge der mechanischen Mischung mit Wasser, welches bei

Fig. 345.



Aufriss.

Fig. 346.



Decim 10 5 0 1 2 Meter

Grundriss.

Verzinnungsanstalt.

der geringen Temperatur, die nur angewendet werden darf, wenig oder gar nicht an der Oberfläche verdampft. Von hier kommen die Bleche zu mehreren gleichzeitig in den zweiten Topf (2, Fig. 345 u. 346), der geschmolzenes Zinn enthält, welches von einer Fettschicht bedeckt ist. Das Zinn wird jedesmal vor dem Gebrauch durch Eintauchen von Holzstäben und Umrühren damit von Oxyd und anderen Unreinigkeiten befreit, welche an die Oberfläche kommen und abgeschöpft werden, ehe neues Fett darauf kommt. Dieser zweite Topf heisst Zinntopf (*tin-pot*). Hier findet die eigentliche Legirung, d. h. die Verbindung des Zinns mit der Oberfläche des Eisens statt.

Von dort gelangen die Bleche, wieder zu mehreren gleichzeitig, in die grössere Abtheilung (3_1 Fig. 345 u. 346) des dritten Topfes, welcher Waschtopf (*wash-pot*) genannt wird. Hierin befindet sich verhältnissmässig reines Zinn, welches, sobald es zu unrein erscheint, in den Topf 2 übergeschöpft und dort weiter verbraucht wird. Die Temperatur ist hier verhältnissmässig niedrig. Die Legirung wird daher nicht wieder gelöst, sondern es wird nur eine Oberfläche von reinerem Zinn gebildet.

In dieser Abtheilung können die Bleche ohne Schaden lange Zeit verweilen. Der Zinnwäscher nimmt sie einzeln heraus, legt sie auf die

eiserne Platte *B* (Fig. 346) und wischt sie mit einer hänfenen Bürste (einer Art Pinsel, ähnlich den Maurerpinseln zum Wasseranspritzen) auf beiden Seiten ab, hierbei immer nur nach einer Richtung und in gleichmässigen Strichen fahrend. Man bemerkt an solchen Platten deutlich die Striche der Bürste in Form kleiner Zinnperlen. Diese letzteren werden in der zweiten, kleineren Abtheilung des Topfes 3 durch Eintauchen der einzelnen Bleche in ganz reines Zinn, welches, sowie sich Verunreinigungen zeigen, durch Abtheilung 3 in den Topf 2 wandern muss, fortgeschafft. Hier erhält das Blech also die reine Zinnoberfläche und wird nun, wiederum in einzelnen Blechen, in den vierten Topf, den Fetttopf (*grease pot*), in dem sich eine geschmolzene Mischung von reinem Talg und Palmöl, auch wohl Palmöl allein befindet, geführt. Dieses Fett ist genau zu einer solchen Temperatur erhitzt, dass das überflüssige Zinn abschmilzt und zwar, wie es scheint, nur das unreinere, also nicht an der Oberfläche befindliche. Dies ist übrigens keine geringe Menge, denn es bleibt etwa nur $^1/_3$ des Gewichts an Zinn auf dem Blech zurück. Das Abmessen der richtigen Temperatur ist hier Hauptsache und es gelingt dies besser mit Fett, als mit anderen Substanzen, z. B. heisser Luft, welche man zu gleichem Zwecke mehrfach versucht hat. Ebenso ist die Zeit von grossem Einfluss. Jedoch scheint überall hier nur Erfahrung, nirgends genaue Beobachtung mit Hülfe von Thermometer und Uhr vorzuliegen.

Auf dem Boden des Fetttopfes sammelt sich ausser dem geschmolzenen Zinn ein dunkelgraues Pulver, welches nach Percy's [1]) Untersuchungen zum grössten Theil aus feinzertheiltem metallischem Zinn besteht. Percy fand darin bis zu 60 Proc. metallisches Zinn.

Der Vorgang in diesem Topfe ist keineswegs hinreichend untersucht. Wie angedeutet, scheint die mittlere Zinnschicht auszusaigern, so dass das Legirungszinn mit dem Oberflächenzinn in unmittelbare Berührung tritt. Eine wissenschaftlichere Behandlung des ganzen, gegenwärtig rein empirisch gehandhabten Verzinnungverfahrens würde nur zum Vortheil der Weissblechhütten gereichen, welche gegenwärtig fast nur von der Geschicklichkeit einzelner Arbeiter abhängig sind. Daraus erklärt sich ganz allein der Vorrang, welchen England gegenüber dem europäischen Festlande bis heutigen Tages behauptet; denn bei der geringen Menge Zinn, welche für alle guten Weissblechsorten von Asien bezogen wird, spielt die Transportfrage keine Rolle und die Schwarzblecherzeugung ist wegen des Holzkohlenverbrauchs sicher in England am theuersten.

Aus dem Fetttopfe kommen nun die Bleche in den Kalttopf (*coldpot*) Nr. 5, welcher nicht geheizt, aber doch durch die Umgebung warm genug gehalten wird, um eine plötzliche Abkühlung zu vermeiden. Er ist mit verticalen Zinken ausgerüstet, gegen welche sich die einzeln hineingebrachten Bleche lehnen und durch welche sie von einander getrennt werden. Hier fliesst im Anfang noch etwas Zinn von der Oberfläche, tropft

---

[1]) Iron, p. 728.

aber nicht ab, sondern sammelt sich am unteren Rande, bis durch hinreichende Abkühlung Alles erstarrt ist.

Die Platten haben hiernach einen Zinnsaum (*wire*) an der Kante. Um diesen zu entfernen, werden die Platten wieder einzeln in den ganz flachen und schmalen, mit geschmolzenem Zinn gefüllten Topf 6, den Saumtopf (*list-pot*), so lange eingetaucht, bis der Saum flüssig geworden ist. Nun werden sie diagonal herausgezogen und das überschüssige flüssige Zinn sammelt sich schliesslich an der zuletzt austretenden Ecke in Tropfenform. Dieser Tropfen wird durch einen geschickten Schlag mit einem Holzstabe oder besser durch Knipsen mit dem Zeigefinger von dem zweiten Knaben (*list-boy*) entfernt.

Die Bleche sind hiermit fertig verzinnt. Sie werden sorgfältig auf einem Tische mit Kleie, der etwas Mehl beigemengt ist, gereinigt, mit Flannell abgerieben und dann auf ihre Fehlerfreiheit geprüft, sortirt und verpackt.

Man braucht 3·63 bis 3·85 Kg Zinn auf 50·8 Kg Eisenblech, d. h. 7·3 bis 7·6 Proc.

Zu grösseren Blechen lässt sich dies einfache Verfahren nicht anwenden, da man dazu weit geräumigere Gefässe braucht. Solche Bleche werden in den besseren Sorten zwar auch durch Eintauchen von Hand hergestellt, in den geringeren Sorten aber vermittelst eines in dem Zinnbade umlaufenden Walzwerkes. Diese Vorrichtung erschien zuerst auf der Pariser Ausstellung 1867 und wurde von Kunt Styffe beschrieben [1]). Sie ist hiernach umstehend abgebildet (Fig. 347 u. 348 a. folg. S.).

Eine gusseiserne Pfanne mit wellenförmigem Boden *aa* wird durch die Feuerung *g* geheizt. Ein kastenartiger Schieber *b*, welcher gleichzeitig zur Aufnahme der abgehobenen Unreinigkeit des Zinnbades dient, trennt das Bad in zwei Theile und verhindert den Schmutz, welcher sich beim Einsetzen frischen Zinns in dem Raum *A* sammelt, nach dem rechtsgelegenen Theile *B* zu gelangen. In diesem letzteren liegt das Walzenpaar *cd*, welches in zwei mit Stellschrauben versehenen Ständern ruht und seinen Antrieb von den Getrieben *f* und *e* aus erhält. Das abgebeizte Blech gelangt auf Führungsstäben *k* in das Zinnbad und zwischen die Walzen und wird auf der anderen Seite über die gitterförmig angeordneten Stäbe *l* hinausgeführt.

Der Regel nach lässt man zwar die Berührungsstelle der Walzen in dem flüssigen Zinnbade liegen, aber man hat auch die Walzen oberhalb des Zinnbades angeordnet, so dass das Blech erst nach dem Verlassen des Bades zwischen die Walzen kommt, welche dann das überschüssige Zinn zurückschieben und ein dünner verzinntes Product liefern.

Das Zinn ist in der vorderen Abtheilung *A* mit Chlorzink, in der Abtheilung *B* mit Harz oder Fett bedeckt.

[1]) Vergl. Kunt-Styffe, Ausstellungsbericht, S. 69.

Fig. 347.

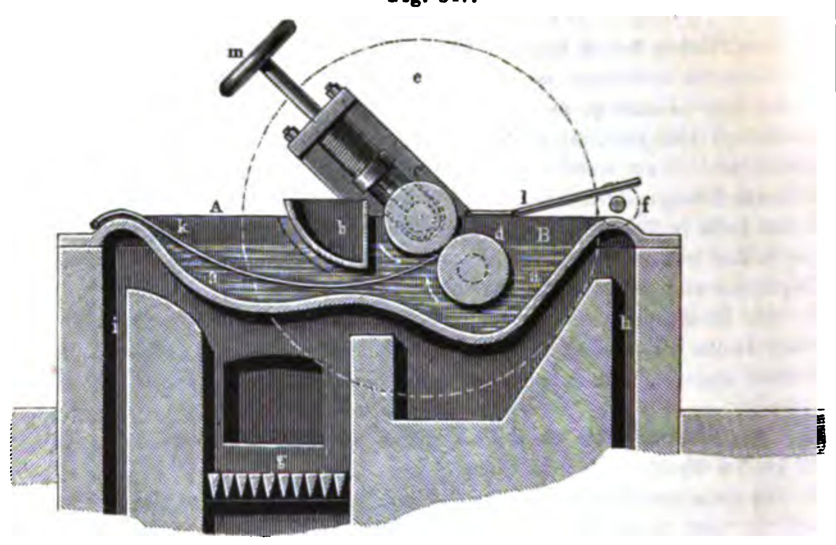
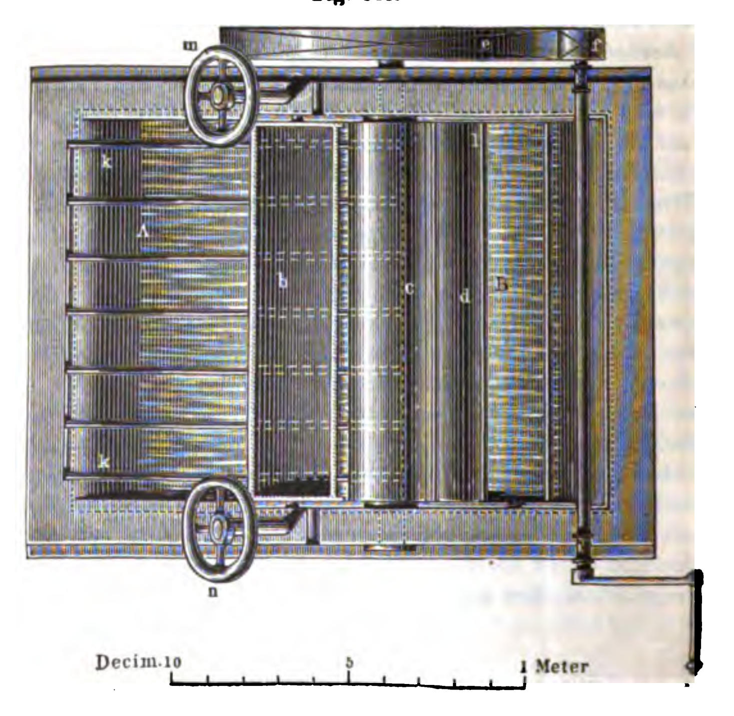


Fig. 348.



Verzinnung anderer Eisengegenstände.

Den Draht lässt man behufs der Verzinnung, nachdem er gebeizt und oft auch noch stark angewärmt ist, gleichzeitig in 8 bis 16 Strähnen langsam durch ein in zwei Abtheilungen getrenntes Gefäss laufen, dessen Scheidewand oft durch eine Walze gebildet ist. Beide Abtheilungen sind mit Zinn gefüllt, die Oberfläche aber an der einen Seite, wie bei den grösseren Blechen, mit Chlorzink, die andere mit Fett oder auch mit Sand bedeckt. Zuweilen läuft der Draht kurz nach dem Verlassen des Zinnbades durch ein verhältnissmässig weites Zieheisen, welches nur den Zweck hat, das überschüssige Zinn abzustreichen und in das Bad zurückzuführen.

Das sogenannte kalte Verfahren, nach dem der Draht zuvörderst in verdünnte Salzsäure mit Zink gelegt, sodann in einer Lösung von 2 Theilen Weinsäure, 3 Theilen Zinnsalz und 3 Theilen Soda zwei Stunden lang behandelt und endlich durch ein Zieheisen geführt wird, findet für die grössere Fabrikation keine Anwendung [1].

Andere Gegenstände, namentlich Blechgegenstände fertiger Form, werden ganz nach Analogie der Bleche behandelt, d. h. nach dem Beizen in verdünnter Säure und sorgfältigem Abscheuern zuerst in unreines, dann in reines Zinn getaucht, abgebürstet, in das reinste Zinn gebracht und mit Kleie abgerieben. Die Zinnbäder werden bald mit Fett, bald mit Chlorzink bedeckt.

Zinn- und Blei-Legirungen.

Da das reine Zinn ein kostbares Metall ist, hat man auch Legirungen mit dem billigeren Blei, auch letzteres allein zur Bedeckung des Eisens benutzt. Die Platten der ersten Art nennt man Tern-Bleche (*tern-plates*). Die Legirung hat der Regel nach 85 Proc. Blei und 15 Proc. Zinn oder 75 Proc. Blei und 25 Proc. Zinn. Im Allgemeinen ist das Verfahren dem vorigen gleich und wird nur, der geringeren Qualität entsprechend, mit weniger Sorgfalt ausgeführt. Wegen der geringen Legirungsfähigkeit zwischen Eisen und Blei [2] haftet der Ueberzug der Regel nach sehr wenig fest.

Verzinkung oder Galvanisirung.

Die Verzinkung des Eisens erfüllt zwar auch den Zweck, das Eisen gegen Rosten in feuchter Luft zu schützen, und zwar um so besser,

---

[1] Vergl. Kerl, Grundriss der Hüttenkunde III, S. 447.
[2] Vergl. Abth. I, S. 222.

als — wie früher erörtert worden ist — der galvanische Strom bei Entblössung einiger Stellen von dem Ueberzuge das Rosten verhindert, da das Eisen die negative Rolle, statt wie beim Zinn die positive Rolle einer galvanischen Batterie übernimmt, aber die geringe Legirungsfähigkeit zwischen Zink und Eisen, also die geringe Haltbarkeit des Ueberzugs gegen das Abspringen [1]), sowie die Corrosion des Zinks selbst durch schwache Säuren hindert einen ausgedehnten Gebrauch.

Bleche oder Drähte, welche der Verzinkung unterliegen sollen, werden mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure abgebeizt, mit Sand gescheuert, abgebürstet und dann entweder zuerst in eine zinkische Salmiaklösung getaucht und getrocknet, oder sofort in ein Zinkbad gebracht, welches mit Salmiak oder Chlorzink, oder theils hiermit, theils mit Fett oder mit Sand, bedeckt ist. Blech zieht man, wie dies bei der Verzinnung beschrieben, mittelst Walzen durch das Bad, Draht lässt man zum Abstreifen des überschüssigen Zinks durch ein Zieheisen gehen. Es empfiehlt sich für alle Eisengegenstände, namentlich für Draht, das Material im warmen Zustande anzuwenden.

Nägel und andere kleine Gegenstände von vollendeter Form wirft man in ein Bad geschmolzenen Zinks, hebt sie mit Schaumlöffeln heraus und schmilzt das überschüssige Zink in einem Flammofen ab, der mit schüsselförmiger eiserner Sohle versehen ist.

Ueberziehen des Eisens mit anderen Metallen.

Das Verkupfern geschieht der Regel nach nur bei Draht und dann nicht durch galvanische Fällung aus neutraler Lösung, sondern durch Austauschen beider Metalle beim Durchziehen des Eisens durch eine schwach saure Kupferlösung.

Allgemeine Anwendung findet das Vernickeln, namentlich in Nordamerika, wo es sowohl auf schmiedbares Eisen wie auf Gusseisen angewendet wird. Die ältere Methode, wonach man erst eine Verkupferung und darauf eine Vernickelung vornahm, hat neuerdings zum Theil der directen Vernickelung Platz gemacht, bei welcher durch den galvanischen Strom das Nickel aus ammoniakalisch-weinsteinsaurer Lösung direct auf das gereinigte Eisen gefällt wird.

Ueberziehen des Eisens mit anderen Stoffen.

Festhaftende Ueberzüge von Email oder einfach mechanische Ueberkleidungen von Gummi, Holz, Cement u. s. w. schliessen sich dem vorliegenden Gebiete zwar an, aber gehören bereits ganz zur Verarbeitung des fertigen Eisens.

---

[1]) Vergl. Abth. I, S. 202.

Schutz des Eisens durch Oxydoxydul.

Während das metallische Eisen leicht rostet und das Oxyd nicht vor Oxydhydratbildung schützt, ist das Oxydoxydul, welches in der Hitze unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaassregeln gebildet wurde, ein vorzügliches Schutzmittel gegen Rost.

Diese Thatsache ist längst bekannt. Die russischen Glanzbleche, deren Darstellung S. 855 geschildert wurde und welche zu eisernen Oefen, Heizröhren u. s. w. eine ausgedehnte Anwendung finden, werden dadurch, dass man sie nach dem Anfeuchten mit Kohle glüht, welche eine höhere Oxydation der Oberfläche verhindert, mit einer dichten Schicht von Oxydoxydul überzogen. Diese Schicht wird durch Hämmern noch mehr verdichtet und bietet dann dem Einflusse feuchter Luft, welcher sonst das Eisen zum Rosten bringt, selbst bei hoher Temperatur ausreichenden Widerstand. In ähnlicher Weise schützt man Gusseisen. Man erhitzt es bei mässigem Luftzutritt mit organischen Substanzen, namentlich Mohn- oder Leinöl, deren Kohlenstoff ebenfalls eine höhere Oxydation des Eisens als zu Oxydoxydul verhindert, so dass auch hier eine sehr dichte, der äusseren Beschaffenheit der Gusswaare ganz entsprechende Deckschicht entsteht, welche vollständig fest anhaftet und dem Roste ungemein lange widersteht.

Barff zu London hat nun neuerdings vorgeschlagen, als Oxydationsmittel überhitzten Wasserdampf anzuwenden. Das Eisen wird in heissem Zustande in geschlossenen Räumen demselben ausgesetzt und überzieht sich angeblich mit einer Schicht Oxydoxydul, deren Dicke von der angewandten Temperatur und der Zeit der Einwirkung des Dampfes abhängig ist. Die Schicht ist sehr hart, hängt ganz fest an und giebt die ursprüngliche Beschaffenheit der Oberfläche getreu wieder, sei es, dass sie glatt polirt, sei es, dass sie rauh und uneben war. Bei Anwendung von 260° C. und einer Dauer von 5 Stunden ist nach Barff's Versuchen eine Schicht erreicht, welche dem Schmirgelpapier widersteht und innerhalb geschlossener Räume, selbst bei mässiger Feuchtigkeit, das Rosten verhindert. Bei 650° C. und einer Dauer von 6 bis 7 Stunden widersteht die Oxydationsschicht der Feile und die Gegenstände, welche damit überzogen sind, rosten selbst im Freien nicht. Nur da, wo sich etwa eine Blase gebildet hatte und durch Reissen der Haut eine offene metallische Stelle entstanden war, zeigt sich Rost in der gewöhnlichen Form.

Ist dies Verfahren auch nicht für grössere Maschinentheile und Theile von Bauwerken anwendbar, so verdient es doch für kleinere Gegenstände, wie Werkzeuge u. s. w., alle Beachtung. Das Mittel ist um so empfehlenswerther, als die Farbe der Oxydoxydulschicht, ein etwas gelbliches Schwarz, angenehm für das Auge ist.

Ferner schliesst sich hier die Operation des Brünirens an, welche in der Erzeugung eines dünnen eigentlichen Rostüberzuges auf blankem Eisen besteht. Man erzeugt diese Schicht durch Chlorantimon (Spiessglanzbutter [1]), welches mit Baumöl versetzt auf das erwärmte Eisen aufgetragen wird und einige Tage der offenen Luft ausgesetzt bleibt. Das oxydirte Eisen wird abgewaschen, polirt und mit Wachs abgerieben, und so ebenfalls ein fernerer Zutritt der Luft, also ein fortschreitendes Rosten durch Bildung einer ganz dichten Schicht verhindert.

---

[1]) Auch verdünnte Salpetersäure, salpetersaures Silberoxyd, Kupfer- oder Eisenvitriol, Eisenchlorid oder Quecksilbersublimat.

Härten des Stahls.

Der Stahl, d. h. das Eisen von 0·6 Proc. bis 2·3 Proc. Kohlenstoffgehalt, lässt sich durch plötzliche Abkühlung zu einer Härte bringen, welche weit grösser ist, als diejenige, die demselben Eisen, seinem Kohlenstoffgehalte nach, in gewöhnlichem Zustande zukommt (Naturhärte), d. h. der durch plötzliche Abkühlung gehärtete Stahl wird weit härter als jedes ungehärtete Eisen mit gleichem Kohlenstoffgehalte, und unter besonderen Umständen sogar härter, als selbst das höchstgekohlte Eisen. Zwar setzt diese Eigenschaft der Härtbarkeit, welche bei 2 Proc. Kohlenstoff ihr Maximum erreicht, in unbedeutendem Maasse auf das Roheisen über und ein Eisen von mehr als 2·3 Proc., aber nur amorphem Kohlenstoffgehalte kann durch plötzliche Abkühlung noch immer etwas härter gemacht werden, auch findet durch Beifügung mancher anderer Stoffe ausser Kohlenstoff eine Verschiebung der Grenzen der Härtbarkeit statt, so dass ein Eisen von weniger als 0·6 Proc. Kohlenstoffgehalt doch oft noch in gewissem Grade härtbar bleibt [1]), aber zur praktischen Anwendung eignen sich jene geringen Grade der Härtbarkeit nicht mehr.

Mit der Härtung erlangt der Stahl ein hohes Maass von Elasticität und Sprödigkeit. Das Maximum der Härte, welches ein Stahl durch Härtung erlangen kann, heisst Glashärte. Von dieser Glashärte kann der Stahl auf seine natürliche Härte durch langsame Abkühlung wieder zurückgeführt werden. Die hierzu nöthige Operation nennt man das Nachlassen oder Anlassen des Stahls. Durch Unterbrechung dieser Operation bei verschiedenen Temperaturgraden kann jeder Grad der Härte zwischen Glashärte und Naturhärte erzielt werden.

---

[1]) Ganz verschieden ist die Härtung des Stahls von der Erzeugung des Hartgusses, was sich schon daraus ergiebt, dass das specifische Gewicht des Hartgusses zu-, das des gehärteten Stahls abnimmt. Dort hat man den Uebergang des Graphits in amorphen Kohlenstoff, also eine Vermehrung des amorphen Kohlenstoffgehalts, als Hauptursache der grösser gewordenen Härte, hier kommt dieser Grund gar nicht oder nur ganz untergeordnet zur Geltung.

Durch das Härten verändert der Stahl seine chemische Constitution insofern, als etwa vorhandener grafitischer Kohlenstoff in den amorphen Zustand übergeht, seine physikalische in der Art, dass das Korn feiner, das specifische Gewicht geringer wird.

Zwar ändert sich der Grad der Glashärte, welcher einer bestimmten Naturhärte entspricht, nach dem Temperaturgrade, bis zu welchem der Stahl erhitzt war, und nach dem Temperaturgrade, auf welchen er abgekühlt wird, sowie namentlich auch nach der Zeit, in welcher die Wärmeentziehung stattfindet, aber auch hierin giebt es bestimmte Grenzen. Ist der Stahl nicht bis zur Glut erhitzt, so findet überhaupt eine Härtung nicht statt, ja man will sogar ein Weichwerden bemerkt haben; ist er überhitzt, d. h. bis zur Weissglut oder Schweisshitze gebracht, so findet ebenfalls keine Härtung statt, der Stahl nimmt aber gleichzeitig ein gröberes Korn an und wird brüchig (verbrennt).

Die Härtung findet der Regel nach durch Eintauchen des glühenden Stahls in eine Flüssigkeit (das Härtewasser) statt. Diese Flüssigkeit besteht in Uebereinstimmung mit ihrem Namen der Regel nach in Wasser, aber es kommen auch andere Kühlmittel vor.

Das Wasser härtet verschieden nach seiner physikalischen und chemischen Beschaffenheit. Je kälter das Wasser, um so besser härtet es, kochendes Wasser härtet gar nicht mehr. Reines destillirtes und dem nahe stehendes Flusswasser härten wenig, Brunnenwasser (welches kohlensaure Erden gelöst enthält) härtet stärker, ein Zusatz von Salmiak oder Schwefelsäure (2 bis 4 Gewichtsprocent) macht das Wasser noch stärker härtend, ein Zusatz von Seife dagegen nimmt ihm die Härtungsfähigkeit ganz und gar. Wasser mit Gummi oder Dextrin versetzt härtet nicht, ebenso wenig solches mit Spiritus.

Fette und Oele härten weniger als Wasser, Quecksilber stärker.

Auch Gasarten können als Härtemittel benutzt werden, wenn sie in starkem Strome über den erhitzten Stahlgegenstand geführt, oder jener heftig in diesem bewegt wird. So härtet man Säbelklingen durch schnelle Drehung eines Rades, an dem sie befestigt sind, in der atmosphärischen Luft.

Da es schwierig ist, den Stahl nur durch Abkühlung auf einen bestimmten Härtegrad zu bringen, so benutzt man in der Praxis stets das vereinigte Verfahren des Härtens und Anlassens, indem man dem Stahl zuvörderst seine Glashärte mittheilt und diese dann vermindert.

Bei der Wiedererhitzung des glasharten Stahls überzieht sich seine Oberfläche, wenn sie vorher völlig blank war, mit dünnen Oxydhäutchen, welche das Licht in der bekannten Art dünner Schichten reflectiren, so dass verschiedene Farben (Anlauffarben) erscheinen, welche offenbar von der Dicke des Oxydhäutchens abhängig sind, aber, da die letztere in directem Zusammenhange mit der Temperatur steht, ebenfalls einer bestimmten Temperatur entsprechen. Mit der Erhöhung der Temperatur sinkt nun die Härte und so geben die Farben das Maass der Härte an,

ohne dass es für den geübten Arbeiter nöthig wäre, das Thermometer zur Hülfe zu nehmen.

Die folgende Scala giebt die in England aus langjähriger Erfahrung hervorgegangene Farbenreihe bei den steigenden Temperaturen an, so wie gleichzeitig die Verwendungsart des Stahls von der entsprechenden Härte.

Grad Celsius	Farbe	Verwendung für
221	sehr hellgelb	Lanzetten,
232	hell strohgelb	feine Rasirmesser und viele chirurgische Instrumente,
243	hochgelb	gewöhnliche Rasirmesser, Federmesser,
254	braun	Scheren, Kaltmeissel,
265	braun mit purpurnen Flecken	Aexte, Hobeleisen, Brotmesser,
277	purpur	Tischmesser, grosse Schermesser,
288	hellblau	Säbelklingen, Uhrfedern,
293	hochblau	Feine Sägen, Rapiere,
316	dunkelblau	Handsägen.

In Deutschland giebt man die Farbenscala folgendermaassen an: Hafergelb, strohgelb, goldgelb, dunkelgelb, morgenroth, purpurroth, veil (violett), dunkelblau, hellblau, meergrün.

Ist eine solche Farbenreihe von Gelb durch Roth nach Blau durchlaufen, so wird der Stahl wieder metallfarben und überzieht sich dann von Neuem in gleicher Reihenfolge mit denselben Farben, die aber nur sehr kurze Zeit erscheinen. Sind auch diese verschwunden, so tritt Glut ein.

Nach dem Vorhergesagten ist es klar, dass die Anlauffarben keine absolute, sondern nur eine relative Härte angeben können, welche in einem bestimmten Verhältnisse zu der dem betreffenden Stahl zukommenden Glashärte steht. Da man aber in einer und derselben Werkstätte der Regel nach mit gleichen Stahlsorten zu arbeiten hat, lässt sich doch für jeden Fall ein sehr bestimmter und zuverlässiger Anhalt gewinnen.

Jeder angelaufene Stahl läuft, wenn man ihn aus dem Heizapparate nimmt, noch nach, d. h. geht in die nächstfolgende Farbenstufe über, wenn er nicht sofort abgekühlt wird. Darauf muss also der Arbeiter Rücksicht nehmen. Am klarsten tritt die hochblaue Farbe hervor und sie wird daher auch besonders benutzt, um ein schönes äusseres Ansehen zu geben.

Die erwähnte Eigenthümlichkeit des Stahls, sich beim Härten auszudehnen, also am specifischen Gewicht zu verlieren, ist schon lange bekannt und festgestellt worden. Réaumur berichtete bereits davon als von einer Thatsache und gab die Zunahme auf $\frac{1}{48}$ des Volumens an [1]. Rinman der Aeltere [2] fand das specifische Gewicht

des ungehärteten Cementstahls zu . . . . . 7·751 und 7·991
des gehärteten „ „ . . . . . 7·553 und 7·708
des gehärteten steirischen Herdstahls dagegen zu 7·782
des ungehärteten zu . . . . 7·822

also im letzten Falle ein umgekehrtes Verhältniss. Er berechnet die Volumenveränderung im Durchschnitte auf $^1/_{37}$.

Elsner [3] fand folgende Resultate:

	Specifisches Gewicht bei 11° C. Ungehärtet	Gehärtet
Gussstahl	7·9288	7·6578
Zum zweiten Male geschmolzener Gussstahl	8·0923	7·7647

Nach Caron [4] nahm eine Stange nach dem Härten die folgenden Dimensionen an:

	Im kalten Zustande vor dem Härten	Im rothwarmen Zustande vor dem Härten	Im kalten Zustande nach dem Härten
Dimensionen in Centimetern . .	20·00	20·32	19·95
	1·00	1·03	1·01
	1·00	1·03	1·01
Volumen in Cubikcentimetern .	20·00	21·557	20·351

Ferner:

	Im kalten Zustande: vor dem Härten	nach dem 10maligen Härten	nach dem 20maligen Härten	nach dem 30maligen Härten
Dimensionen in Centimetern	20·00	19·50	18·64	17·97
	0·94	0·96	0·97	1·00
	0·93	0·96	0·97	1·00
Specifisches Gewicht . . .	7·817	—	—	7·793

Es fand sich jedesmal, so oft auch diese Experimente wiederholt wurden, eine Abnahme an Länge, ein Zuwachs an Breite und Höhe [5].

---

[1] L'art de convertir le fer forgé en acier 1722, p. 313.
[2] Rinman, Geschichte des Eisens, 1785, I, S. 134 und 137.
[3] Journal für praktische Chemie 1840, 20, p. 110.
[4] Comptes Rend. 1863, 56, p. 211.
[5] Hierdurch mögen wohl auch die Abweichungen in Rinman's obigen Untersuchungen Erklärung finden.

Nur wenn die Stäbe durch Walzen, also Ausstreckung in einer Richtung erhalten waren, zeigte sich das Umgekehrte, d. h. eine Zunahme in der Länge, eine Abnahme oder ein Gleichbleiben in den anderen Dimensionen, z. B.:

	vor der Härtung	nach der Härtung
Walzstahl	20·00	20·45
	1·51	1·51
	3·70	3·70

Caron hat auch die Dimensionsveränderungen bei verschiedenen Härtemethoden festzustellen versucht und Folgendes gefunden:

	Reines Wasser	Reines Wasser	Wasser mit 100 Proc. Dextrin	Alkohol von 36° B. (0·8480 specif.Gew.)
Temperatur der Härteflüssigkeit vor der Härtung	10°	50°	10°	10°
Dieselbe nach der Härtung . . .	22°	61°	23°	30·5°
Zeitdauer der Härtung in Secunden	4·7	11·3	13·2	21·7
Art der Härtung.	gut	schwach	sehr schwach	nicht bemerkbar
Abnahme der Länge des Stabes nach zehnmaligem Härten	$^1/_{28}$	$^1/_{147}$	$^1/_{172}$	unmessbar

Karmarsch [1]) giebt als Durchschnittszahlen die Verminderung des specif. Gewichts von 1000 : 997 bis 960 oder Vergrösserung des Volumens um 0·3 bis 4·16 Proc., Mittel aus den meisten Beobachtungen 0·7 bis 1·7 Proc., im Durchschnitt zu 1·5 Proc. an.

Der erhitzte Stahl überzieht sich vor dem Härten mit einer Kruste von Hammerschlag. Diese springt beim Härten vollkommen ab, wohl hauptsächlich in Folge der wesentlich verschiedenen Dimensionsveränderung beider Stoffe, der die Glätte der Oberfläche des Metalls zu Hülfe kommt. Wird der Stahl über Kirschrothglut erhitzt, so bleiben Theile des Glühspans oft fest anhaften.

Sowohl durch Härten als durch Anlassen wird der Bruch des Stahls wesentlich verändert. Erhitzt man einen ausgeschmiedeten Stahlstab von hohem Kohlenstoffgehalt, welcher auf seinem Bruch ein so feines Korn zeigte, dass die Krystalle nicht mehr mit blossem Auge unterscheidbar waren, welcher daher das Ansehen eines amorphen Körpers bot, so tritt eine deutliche körnige Textur auf und die Körner werden um so grösser, je höher die Erhitzungstemperatur war. Das Härten verkleinert das Korn wieder um so mehr, je grösser die Temperaturdifferenzen sind. Der Bruch wird sammetartig, aber niemals so dem scheinbar amorphen

---

[1]) Technologie S. 10.

Zustande sich annähernd, wie wenn der Stab dann ausgehämmert wird. Die Farbe wird durch das Härten heller [1]).

Die absolute Festigkeit des Stahls wächst durch das Härten innerhalb gewisser Grenzen, welche gleichzeitig die für die Praxis innezuhaltenden sind.

Ausserhalb dieser Grenzen vermindert sich die Festigkeit stets, so z. B. wenn die plötzliche Abkühlung zwischen heller Rothglut und Schweisshitze erfolgt; dann nimmt der Stahl ein ganz grobes Korn an und wird „verbrannt (*burnt*)“ genannt [2]).

Auf die Haltbarkeit des Stahls überhaupt und die zum Maximum der Festigkeit führenden Bedingungen der Härtung im Einzelnen, haben die übrigen die Qualität des Metalls beeinflussenden Stoffe: Mangan, Silicium, Phosphor, Schwefel, Kupfer u. s. w., einen wesentlichen Einfluss und zwar mehr, als die Beschaffenheit des Härtewassers, dem man in früheren Zeiten einen so grossen Einfluss zuschrieb, dass z. B. nach Plinius [3]) Stahlwerke an Orten errichtet wurden, wo weder Eisenerze noch andere Materialien zur Eisenerzeugung vorhanden waren, lediglich wegen der vorzüglichen Beschaffenheit des dort vorhandenen Wassers zum Härten. Uebrigens kannte auch schon Plinius die Wirksamkeit anderer Härtemittel als Wasser und erwähnt namentlich das Oel.

Die Art des Härtens ist von grossem Einfluss auf die Beschaffenheit des Products. Da feine Theile schneller abkühlen als stärkere, so ist namentlich bei Gegenständen von ungleichen Dimensionen die Härtung sehr schwierig. Man muss bei solchen stets die schwächeren Dimensionen zuletzt in das Härtewasser tauchen. Grosse Gegenstände sind ebenfalls viel schwieriger zu härten und anzulassen als kleine und es gehört z. B. zu den ganz besonderen Meisterstücken, sehr lange Schermesser zu behandeln, ohne dass sie sich werfen oder Risse bekommen.

Die Risse (Borsten, Hartborsten) entstehen beim Härten durch schnellere Abkühlung der äusseren Rinde gegen den inneren Kern. Man kann durch möglichst gleichförmige Erhaltung des Ueberzuges von Oxydoxydul auf der Oberfläche des zu härtenden Stücks einigermaassen solchen Rissen vorbeugen, oder bei Gegenständen ungleicher Dimensionen der zu

---

[1]) Schafhäutl hat das verschiedene Ansehen des Stahls sehr genau in Prechtl's technologischer Encyklopädie (Bd. XV, S. 334) beschrieben.

[2]) Dies fälschlicherweise, da unter verbranntem Stahl richtiger ein seines Kohlenstoffgehaltes beraubter bezeichnet wird. Wenn z. B. ein Stahl unter Zutritt der Luft längere Zeit erhitzt wird, verliert er seinen Kohlenstoffgehalt und wird überhaupt unbrauchbar, nimmt ein grobes Korn an und verhält sich ganz wie ein schlechtes, d. h. sauerstoffhaltiges Schmiedeisen. Dann erst verdient er mit Recht den Namen „verbrannter Stahl“.

[3]) Lib. XXXIV, cap. XIV, sect. 41. Summa autem differentia in aqua cui subinde candens immergitur.

schnellen Abkühlung der schwächeren Theile durch Befestigen von Eisenstücken, welche mit erhitzt werden, entgegenwirken.

Wie gross der Einfluss einer ungleichmässigen Abkühlung ist, zeigt der Umstand, dass flache Gegenstände reissen, wenn sie nicht hochkantig eingetaucht werden, dass auch ein Reissen eintritt, wenn derartige Gegenstände nicht in die Mitte des Bades gebracht, sondern nahe einer Wandung eingetaucht werden.

Soll bei dem Härten die Glühspanbildung ganz vermieden werden, was, z. B. bei Feilen, gravirten Gegenständen u. s. w., nöthig ist [1]), so hüllt man den Gegenstand in einen Brei von Roggenmehl und Kochsalzlösung, den man in Wärme trocknen lässt, oder wälzt das zu glühende Stück in einem Haufen trockenen Kochsalzes, welches sich als Kruste anhängt, oder überzieht auch wohl die Stücke mit weicher Seife.

Bei der Erhitzung des Stahls behufs der Härtung wendet man theils mit Gebläse versehene Holzkohlenfeuer an oder geschlossene Gefässe (Muffeln) aus Thon oder Eisen, zu deren Erhitzung dann jedes beliebige Brennmaterial verwerthet werden kann. Aehnliche Bäder, wie sie weiter unten für das Anlassen beschrieben werden und welche aus geschmolzenem Metall (Blei, Zinn, Legirungen beider) oder geschmolzenen Salzen bestehen, sind mehr versuchsweise benutzt worden, als dass sie allgemeine Anwendung gefunden hätten.

Das Nachlassen geschieht der Regel nach in eisernen Muffeln, aber auch auf Sandböden, auf heissen Metallplatten, oft aber auch und namentlich bei kleinen Gegenständen in directer reducirender Flamme (Kohlenoxyd, Leuchtgas, Oel- oder Talgkerzenflamme).

Um sich von dem Urtheil des Arbeiterauges hinsichtlich der Anlauffarben möglichst unabhängig zu machen, hat man hierfür besondere flüssige Bäder, namentlich von Blei- und Zinnlegirungen, vorgeschlagen deren Schmelzpunkt bekannt ist. Die folgende englische Tabelle [2]) von Parker giebt hiervon ein Bild:

---

[1]) Vergl. Karmarsch, Technologie S. 13.
[2]) Percy, Iron p. 854.

Nr.	Anzulassende Gegenstände	Zusammensetzung des Bades		Temperatur
		Blei	Zinn	° Celsius
1	Lanzetten	7	4	233·3
2	Andere chirurgische Instrumente	7½	4	238·9
3	Rasirmesser	8	4	245·55
4	Federmesser	8½	4	250·0
5	Grosse Federmesser	10	4	261·1
6	Scheren, Kaltmeissel	14	4	272·2
7	Aexte, Hobeleisen, Taschenmesser	19	4	282·8
8	Tischmesser, grosse Schermesser	30	4	294·4
9	Schwerter, Uhrfedern	48	4	305·55
10	Grosse Federn, kleine Sägen	50	2	310·0
11	Handsägen	kochendes Leinöl		33[illegible]
12	Weichste Gegenstände	schmelzendes Blei		340·0

Das Abkühlen des angelassenen Stahls geschieht gewöhnlich an freier Luft. Manche wenden indessen pulverförmige Umhüllungen hierfür an. So wird z. B. Draht für musikalische Instrumente gehärtet, im Bleibade getempert und in Braunsteinpulver abgekühlt [1].

Bei grossen, dünnen Gegenständen ist ein Werfen während des Temperns und beim nachherigen Abkühlen sehr häufig. Man spannt daher solche Gegenstände, wie Circularsägen und andere Sägeblätter, während dieser Operation zwischen Eisenscheiben ein.

Harter Stahl löst sich vollkommen in Chlorwasserstoffsäure, weicher lässt einen Rückstand von Kohlenstoff zurück. Dies ist bereits 1822 von Faraday festgestellt worden [2]. Gehärteter Stahl wird daher auch leichter von Säuren angegriffen als weicher, was ebenfalls schon praktisch behufs Aetzung der Oberfläche seit ältester Zeit bekannt ist und 1877 von Daniell wissenschaftlich nachgewiesen wurde [3].

Nach Rinman scheidet sich der Kohlenstoff beim Lösen des Eisens in Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure in drei verschiedenen Gestalten ab. Als Grafit aus grauem Roheisen, als Kohleneisen aus ungehärtetem

---

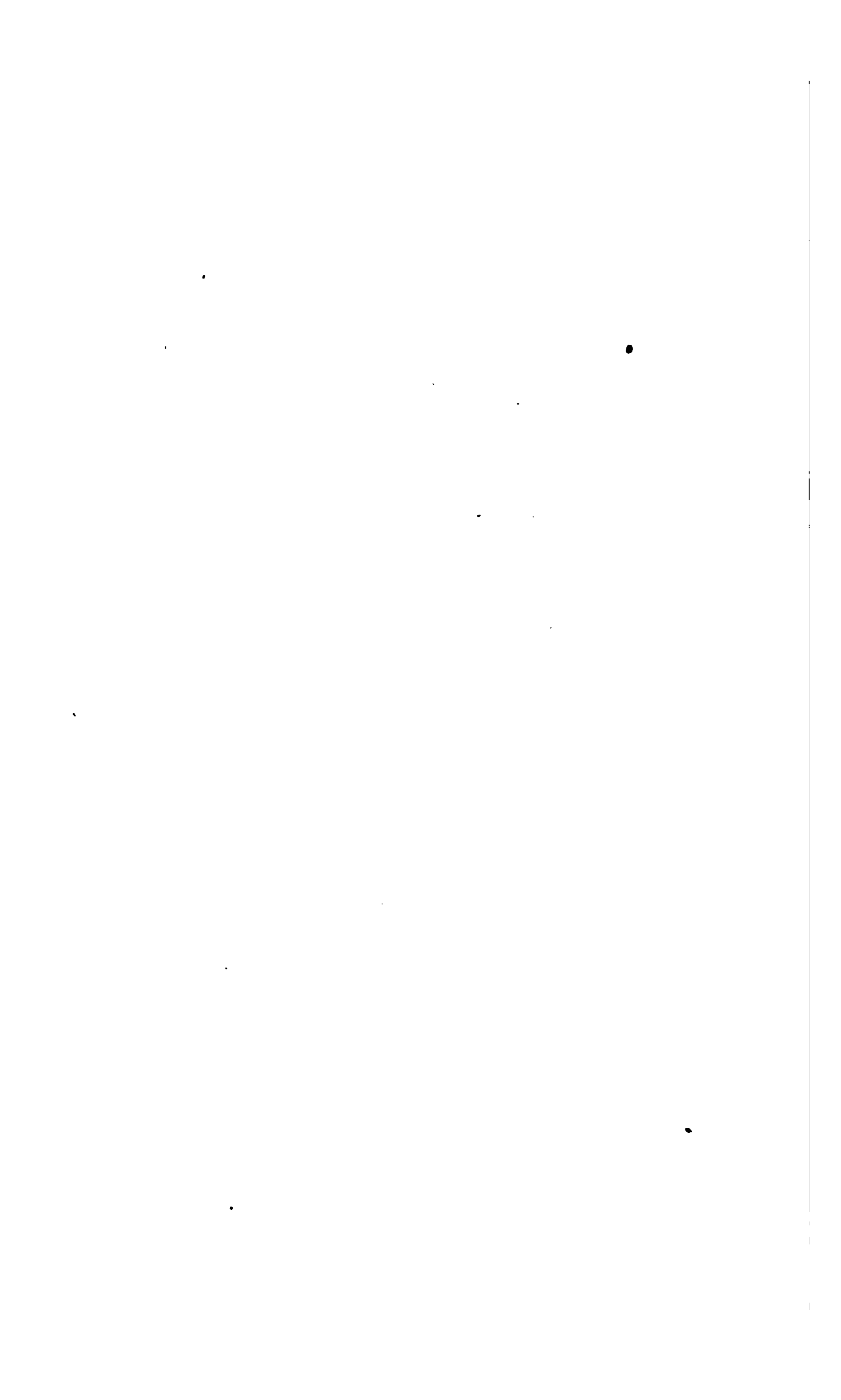
[1]) Vergl. die Patente von James Horsfall zu Birmingham 1854, 15. Mai, Nr. 1104, und William Smith zu Aston 1856, 15. April, Nr. 897.

[2]) On the Alloys of Steel, Phil. Trans. 1822, p. 265.

[3]) Journal of Science and Arts 1817, 2, p. 281.

tetem Roheisen und Stahl und als Kohlenwasserstoff aus gehärtetem Roheisen und Stahl. Alle drei treten zusammen auf im ungehärteten Roheisen, die beiden letzteren in ungehärtetem Stahl und Roheisen. Rinman nennt den aus ungehärtetem Stahl bei langsamer Lösung sich abscheidenden Kohlenstoff Cementkohle, den aus gehärtetem Stahl entweichenden Härtungskohle [1]. Wir haben die Cementkohle und die Härtungskohle, wenn solche wirklich als verschiedene Modificationen zu bezeichnen wären, stets unter dem gemeinschaftlichen Namen: amorpher Kohlenstoff zusammengefasst.

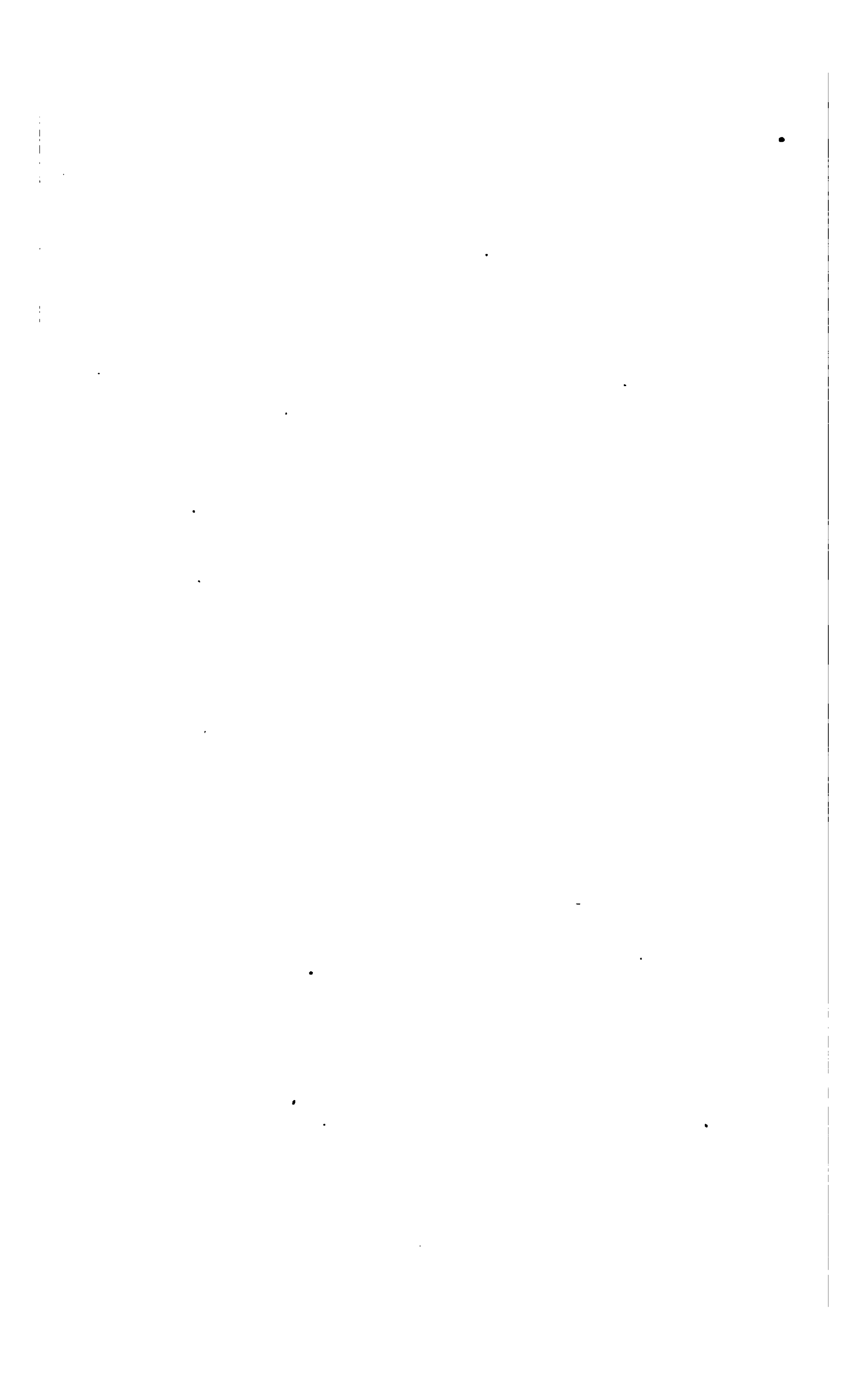
[1] Erdmann, Journal für praktische Chemie, Band 100, S. 33.



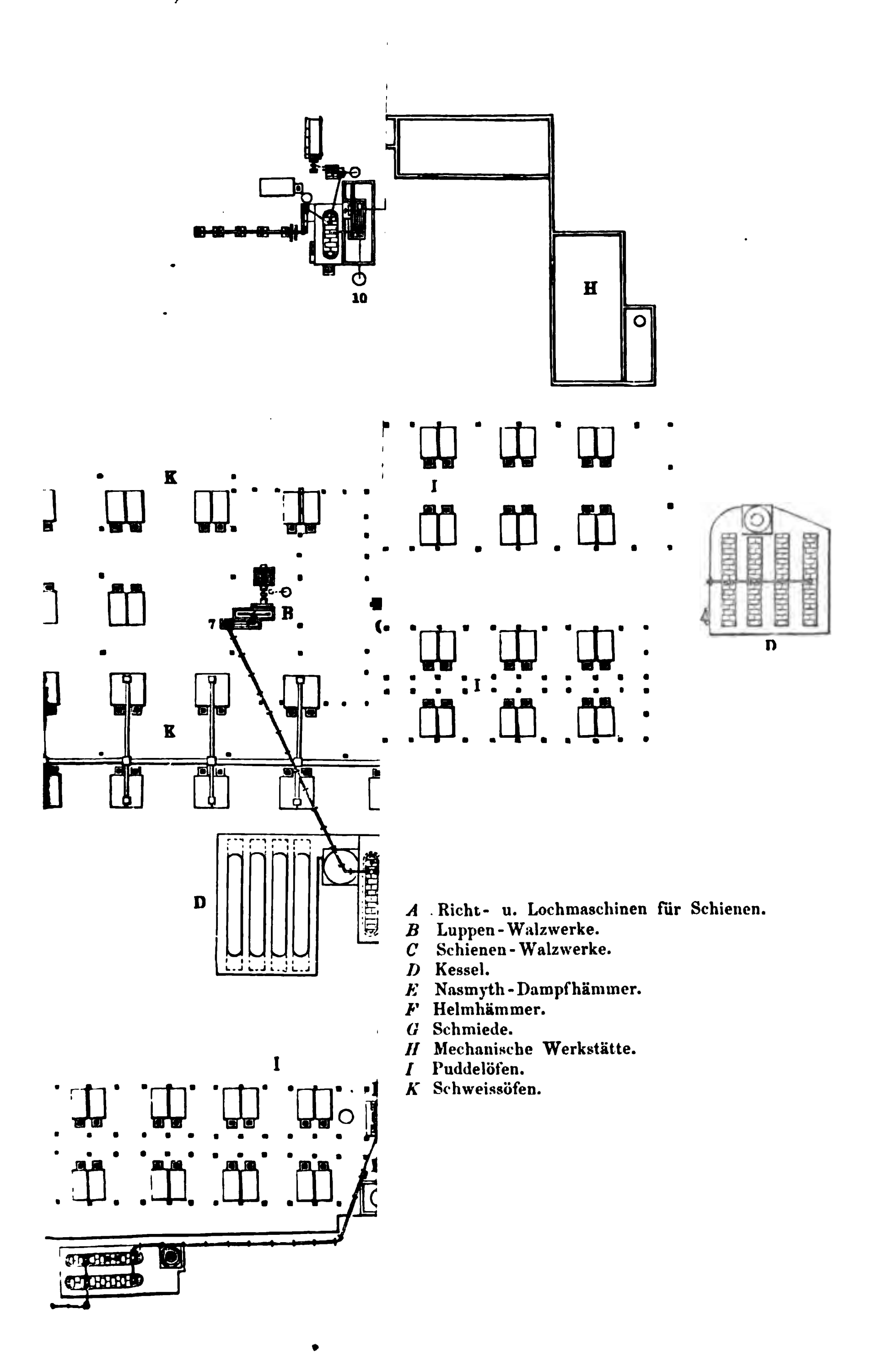
ANORDNUNG DER HÜTTENWERKE

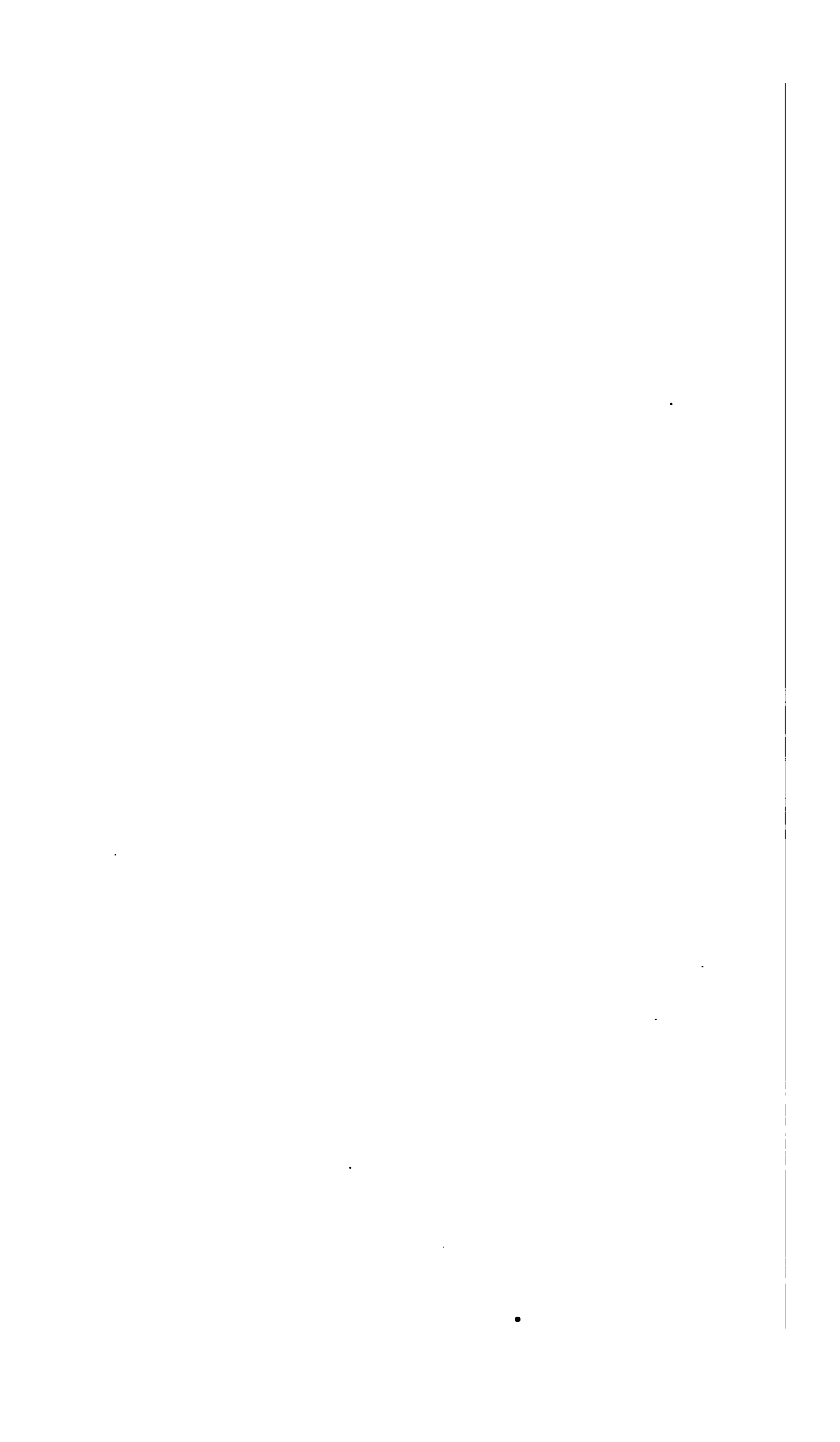
ZUR

DARSTELLUNG VON SCHMIEDBAREM EISEN.



u Seite 903.)


10
H
K
I
B
7
K
I
D
D
I
A Richt- u. Lochmaschinen für Schienen.
B Luppen-Walzwerke.
C Schienen-Walzwerke.
D Kessel.
E Nasmyth-Dampfhämmer.
F Helmhämmer.
G Schmiede.
H Mechanische Werkstätte.
I Puddelöfen.
K Schweissöfen.



Anordnung der Hüttenwerke

zur

Darstellung von schmiedbarem Eisen.

Die allgemeine Anordnung der in den vorausgehenden Abschnitten beschriebenen Oefen und Maschinen zur Herstellung schmiedbaren Eisens wird durch einige besonders gute Beispiele erläutert werden.

Puddel- und Schweisswerk zu Ebbw Vale.

Das erste Beispiel, Fig. 349, zeigt das neue Puddel- und Schweisswerk zur Herstellung von Eisenbahnschienen zu Ebbw Vale in Süd-Wales.

Die in den Plan eingeschriebenen Zahlen haben folgende Bedeutung:

Nro. 1. Eine 1·09 m Condensations-Balancier-Maschine mit 2·44 m Hub, 20 Hübe in der Minute, welche 3 Walzenstrassen für Rohschienen mit 40 Umgängen pro Minute und 3 Quetschen treibt und 50 Puddelöfen bedient.

Nro. 2. Eine 0·67 m Condensations-Balanciermaschine mit 1·52 m Hub, 25 Hübe pro Minute, für directen Betrieb eines Walzwerks und eines Helmhammers. Der Dampf wird durch die Abhitze von 16 Puddelöfen erzeugt, hat 2·81 Kg pro qcm Pressung im Cylinder und $^3/_4$ Expansion.

Nro. 3 [1]). Eine 0·813 m Balanciermaschine von 1·829 m Hub, 30 Hübe pro Minute, für zwei Walzenstrassen mit 102 Umgängen pro Minute.

Nro. 4. Eine 0·838 m Balanciermaschine von 2·438 m Hub, 23 Hübe pro Minute für 3 Walzenstrassen mit 78 Umgängen per Minute.

Nro. 5. Eine 0·457 m horizontale Maschine mit 0·711 m Hub, 50 Hübe pro Minute, zum Betriebe eines Rohschienenwalzwerks mit 16 Umgängen.

---

[1]) Nr. 3 bis 11 sind Hochdruckmaschinen.

Nro. 6. Eine 0·406 m horizontale Maschine mit 0·914
50 Hübe pro Minute zum Betriebe eines Rohschienenwalzwerks
Umgängen.

Nro. 7. Eine 0·483 m Maschine mit 0·914 m Hub, 50 H
Minute für ein Rohschienenwalzwerk mit 16 Umdrehungen. Hi
gleichzeitig eine selbstthätige Hebevorrichtung mit 0·305 m Cyli

Nro. 8. Acht Maschinen für die Schienensägen.

Nro. 9. Eine Zwillingsmaschine von 0·610 m Durchmesser,
Hub, 30 Wechsel per Minute zum Betriebe eines Walzwerks mit
drehungen per Minute zur Auswalzung der Schienenenden.

Nro. 10. Eine Maschine mit 0·914 m Hub, 0·406 m Durc
für die Pressen, Richt- und Stossmaschinen.

Nro. 11. Eine Zwillingsmaschine von 0·254 m Durchmesser,
Hub mit 80 Umdrehungen per Minute, welche 6 Stück 1·22 m
toren zur Erzeugung des Unterwindes für die Schweissöfen treibt.

Nro. 12 bezeichnet die Stellen, an welchen Scheren zum Ze
den des Eisens stehen.

Puddel-, Walz- und Bessemer-Hütte zu Oberhaus

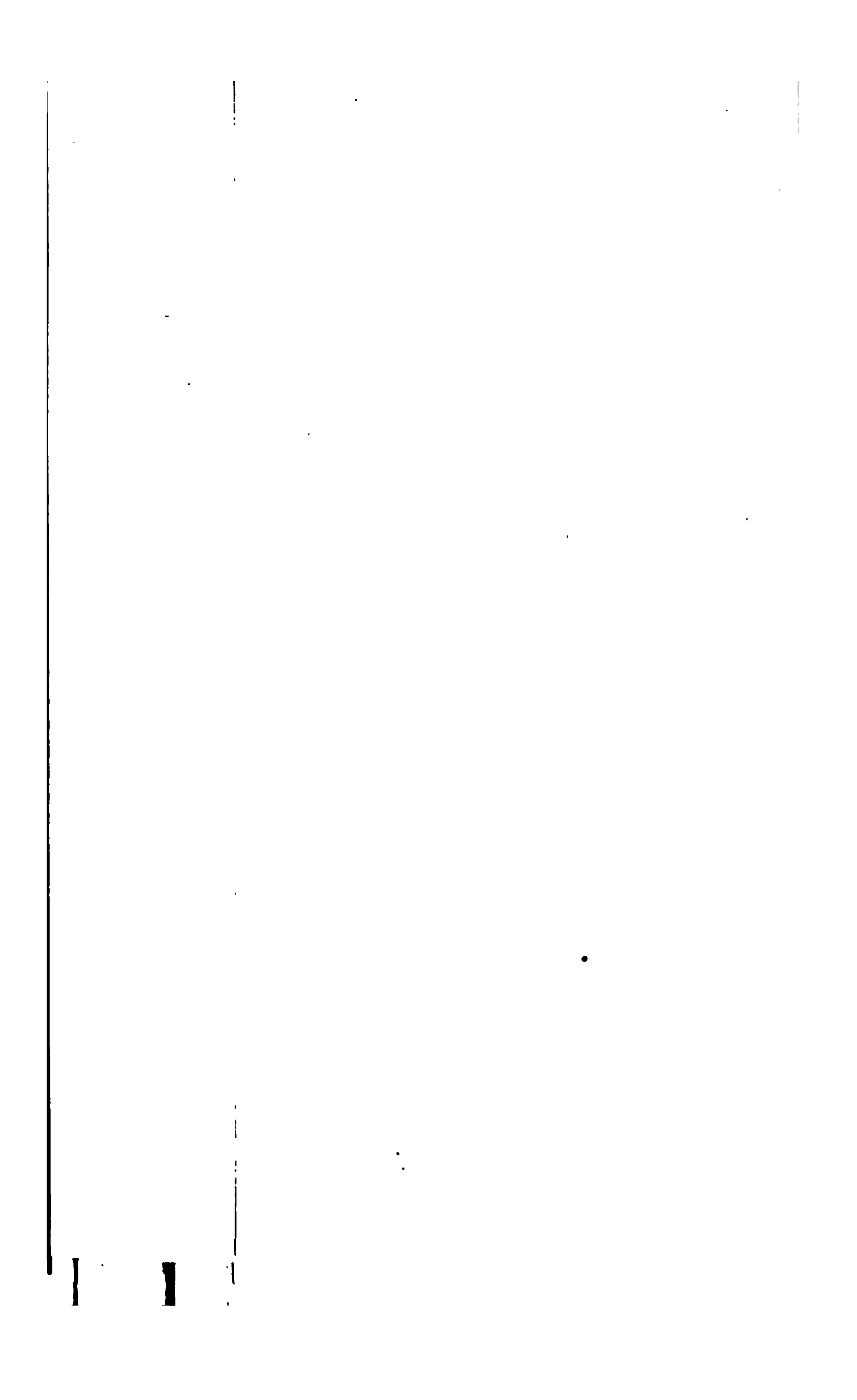
Fig 350, giebt den Grundriss des Puddel-, Walz- und Be
werks zu Oberhausen (Gutehoffnungshütte, Actien-Gesel
früher Jacoby, Haniel und Huyssen).

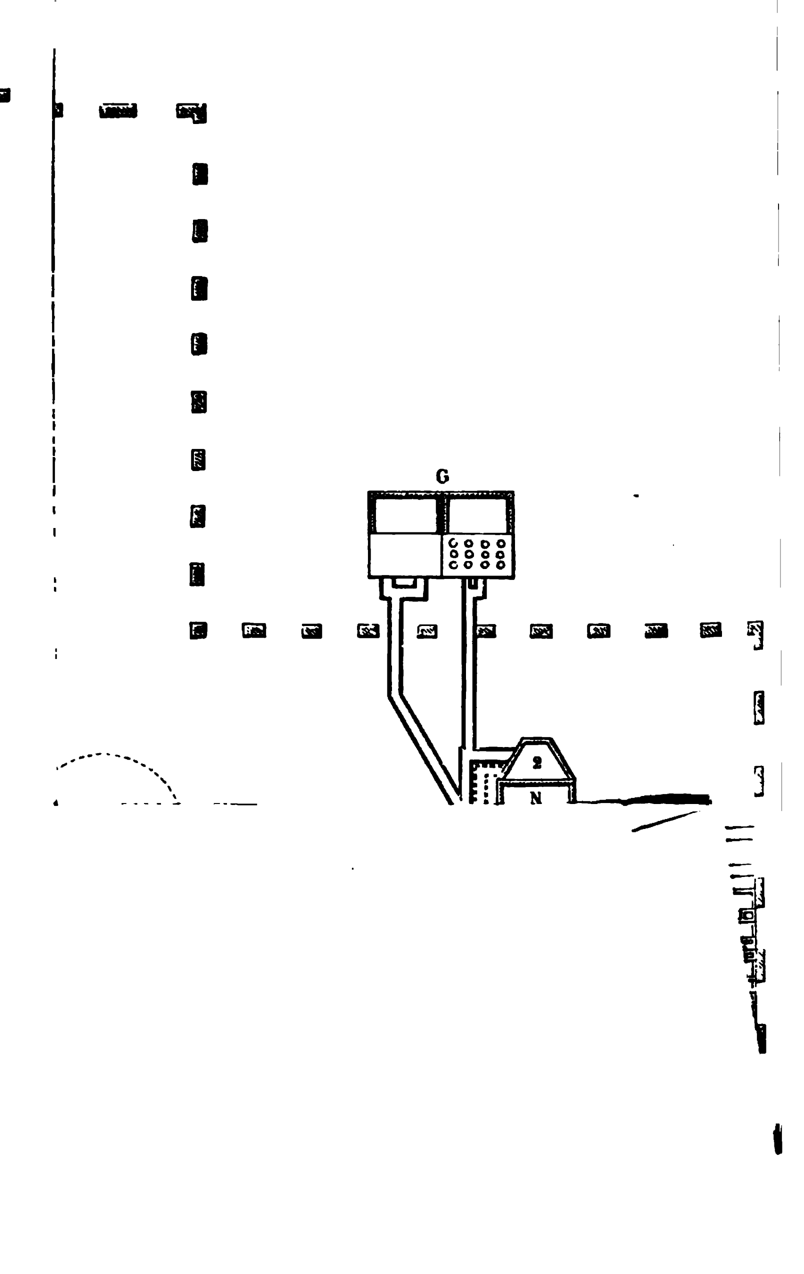
Die Anlage ist zwar hauptsächlich für die Erzeugung von Eis
schienen und schwerem Brückeneisen bestimmt, aber auch auf gewö
Handelseisen und Feineisen eingerichtet. Zu dem durch Schrift hin
erläuterten Plane ist nur noch zu bemerken, dass der obere Th
den Oefen 20 bis 61 das Puddel-, der untere Theil mit den Oef
19 das Schweiss- und Fluss-Eisenwalzwerk umfasst.

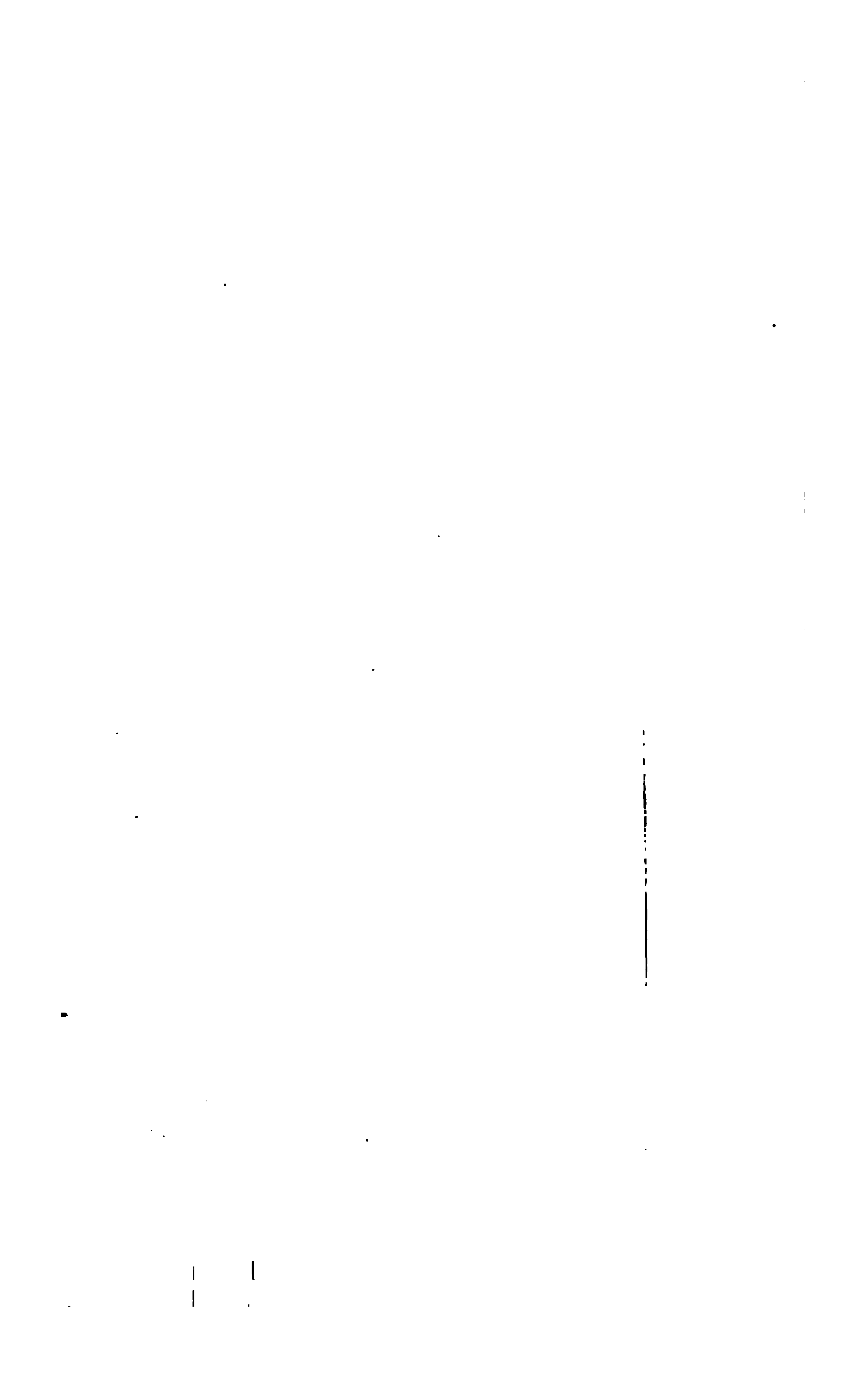
Bessemer- und Schienenwalzwerk zu Bethlehe

Fig. 351 zeigt die Anordnung des Bessemerwerks zu Bethle
Pennsylvanien nebst zugehörigem Schienenwalzwerk. Bei dieser
stehen die Cupolöfen über der gemeinschaftlichen Hüttensohle auf
und liefern das abgestochene Eisen in eine darunter liegende fa
Pfanne. Diese läuft zu den Birnen und wird dort durch einen hy
lischen Tisch gehoben. Das Werk ist, wie der Plan zeigt, auf die do
Anlage eingerichtet, welche indessen nur hinsichtlich des Block-
Schienenwalzwerks vollständig ausgeführt ist [1]).

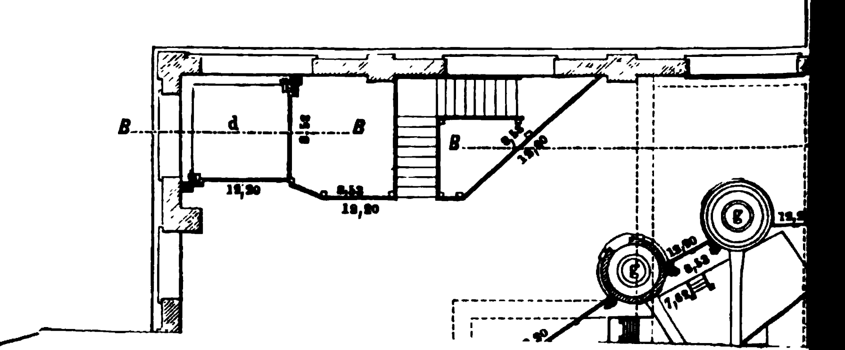
[1]) Vergl. des Verfassers Bericht über das Eisenhüttenwesen der Vereini
Staaten von Nord-Amerika (Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwe
Bd. XXIV, Jahrg. 1876.

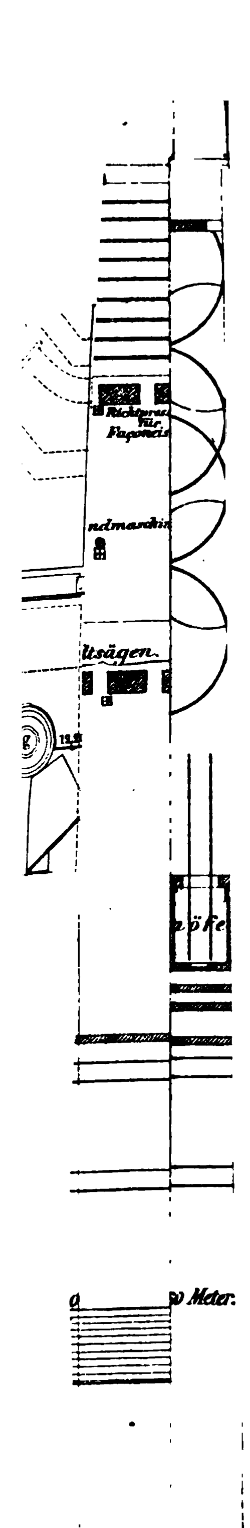



G
2
N

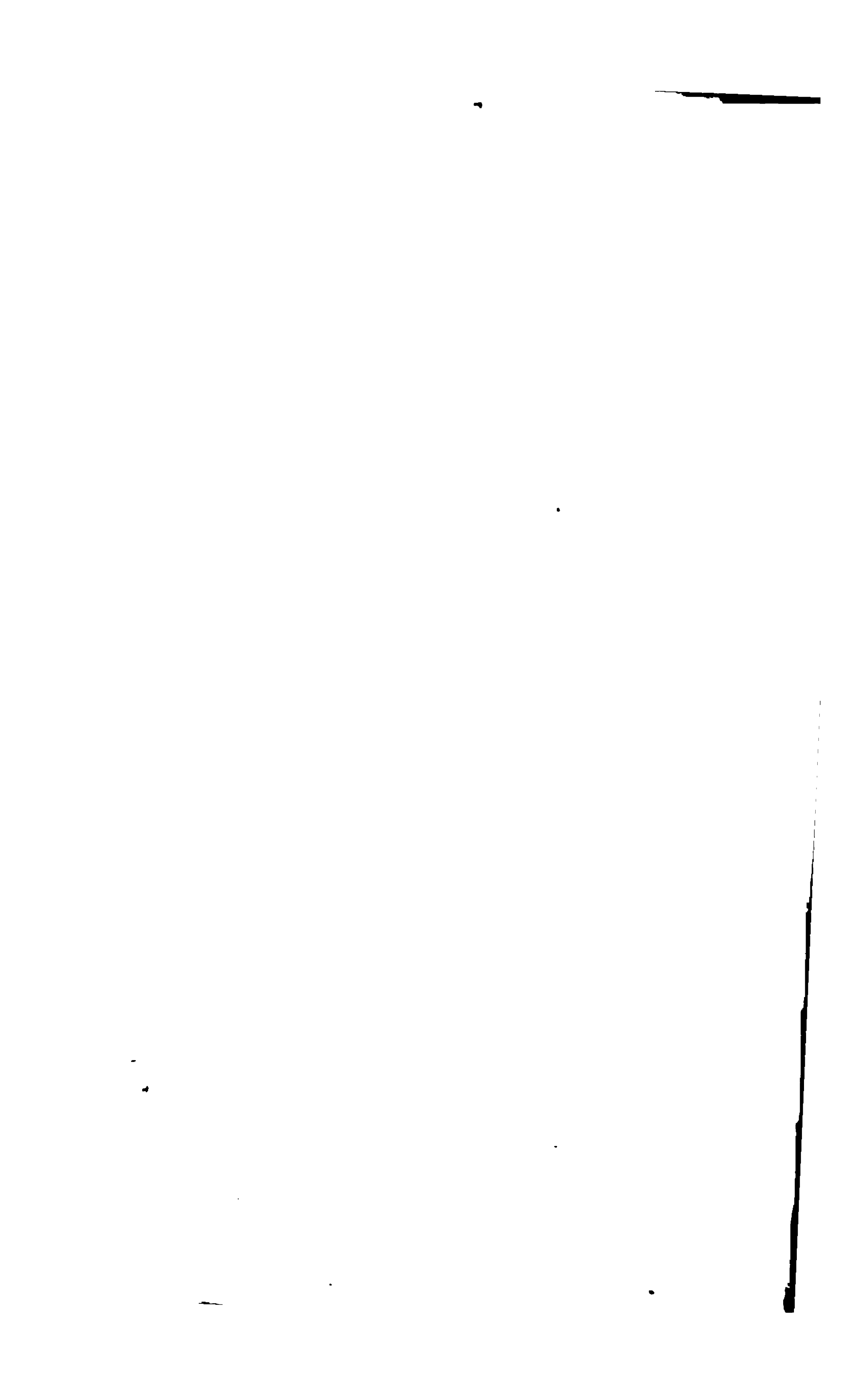


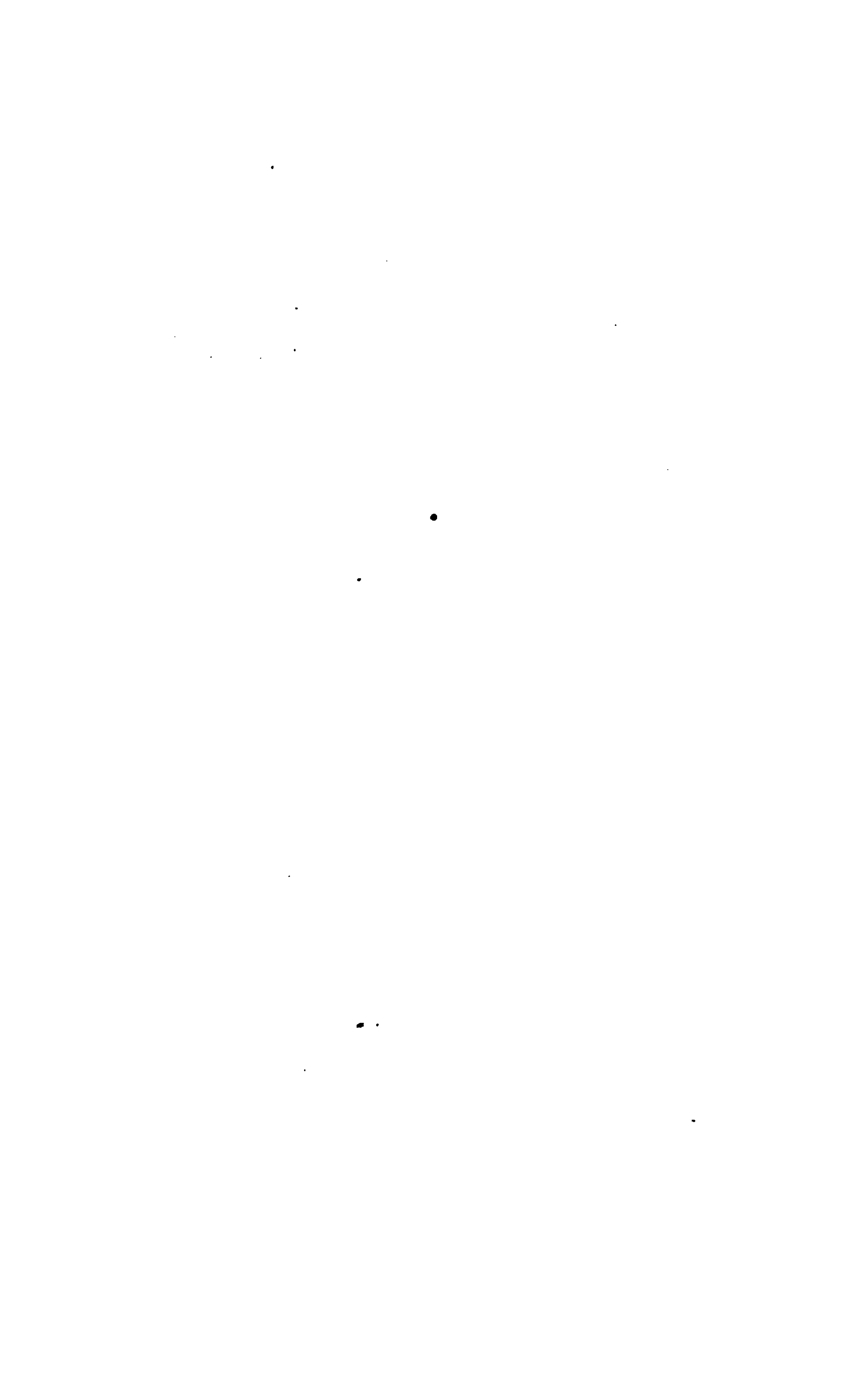
(Zu Seite 905.)





Richtpres
für
Façoneis
ndmaschi
ltsägen
Meter.





(Zu Seite 905.)



Vulcan-Bessemer-Hütte zu St. Louis.

len Figuren 352 und 353 ist die von Alexander Holley ge-
neste Bessemeranlage zu Vulcan-Eisenhütte bei St. Louis
ssippi im Staate Missouri dargestellt[1]).
möge bemerkt werden, dass von den in Nordamerika bestehenden
nerwerken mit je zwei Birnen die grösste Zahl nach einem ganz
Plane gebaut ist und nur das vorher abgebildete Werk zu Bet-
sentlich von dieser Anordnung abweicht, indem es alle Apparate
Gebäude und auf einer Hauptsohle enthält.
Fig. 352 zeigt den Grundriss, Fig. 353 den Aufriss des ganzen
. h. des Gebäudes mit den Umschmelz-, Frisch- und Giessvor-
n sammt Zubehör; Gebläse, Pumpen und Dampfkessel liegen
n getrennten Räumen, welche ebenso wenig wie die Heizöfen und
e zur Weiterverarbeitung der Gussblöcke hier dargestellt sind.
Gebäude besteht aus zwei Theilen, dem Schmelzraum und dem
, von denen der auf der Zeichnung links gelegene kleinere, aber
ere, die Schmelzapparate umfasst, während der zweite, rechts
grössere, die Frischgefässe (Birnen), die Giessgrube und die
inschliesst. Beide Räume sind von oblongem Grundrisse; jedoch
er Giessraum mehrere niedrige Anbauten als Trockenräume.
in den Grundriss (Fig. 352) eingeschriebenen Zahlen bedeuten
der Sohlen über der Hüttensohle.
Material für den Bessemerprocess ist theils starres Roheisen,
rst durch Umschmelzen in den flüssigen Aggregatzustand über-
erden muss, theils flüssiges Roheisen, welches von den zu dem-
ttenwerke gehörigen, nahe gelegenen Hochöfen geliefert wird.
letztere wird in eine auf Rädern stehende Pfanne (*a*) abgestochen,
f einem hydraulischen Aufzuge (*b*) in eine solche Höhe (6·10 m
Hauptsohle) gelangt, dass durch Kippung vermittelst eines
s (*c*) das flüssige Roheisen direct in die Birnen geleitet wer-
. Die Höhe, zu welcher die Pfanne gehoben wird, ist gleich-
bemessen, dass letztere im Nothfalle auch als Sammelgefäss für
m Cupolofen umgeschmolzene Roheisen dienen kann.
starre Roheisen, welches umgeschmolzen werden soll, gelangt
en hydraulischen Aufzug (*d*), welcher in einer Ecke des Gebäu-
racht ist (vergl. Fig. 352), auf den 12·20 m hoch gelegenen Be-
sboden. Der gleiche Aufzug befördert auch das Spiegeleisen
Schmelzkoks hinauf. Die zum Ausbau der Oefen erforderlichen
n Steine hebt dagegen auf die nur 8·53 m hohe Abstichsohle
ein in der anderen Ecke liegender hydraulischer Aufzug (*e*).

---

s derselben Arbeit.

Die Umschmelzöfen (*f*) für das Materialroheisen, deren nur drei vorhanden sind, obwohl der Raum für vier genügt, stehen in einer Reihe rechtwinklig zur Giebelwand des Gebäudes, die vier Umschmelzöfen (*g*) für das Zusatzspiegeleisen sind dagegen paarweis in den Diagonalen angeordnet. Das von den Gebläsemaschinen kommende Windrohr (*h*) geht im Hufeisen an der Rückseite der sämmtlichen Oefen entlang und vertheilt den Wind in die jeden einzelnen in einem Kreise umgebenden Röhren.

Die Schlacke der Cupolöfen, welche durch einen Kalksteinzuschlag hinreichend leichtflüssig gemacht wird, fliesst beständig ab und gelangt auf einer schiefen Ebene (*i*) aus der Rückwand der Hütte ins Freie. Dieselbe schiefe Ebene dient auch dazu, die Rückstände des Ofens, welche nach Oeffnung des Bodens (*k*) darauf gelangen, ohne Belästigung der Arbeiter und Verunreinigung des Schmelzraumes fortzuschaffen.

Das Roheisen kann bei dieser Art des Betriebes natürlich nicht ohne Weiteres in die Frischgefässe oder Birnen abgestochen werden, da man stets nur einen Theil aus dem Schmelzofen entnimmt. Es läuft daher zuvörderst in Sammelgefässe (*l*), welche auf Brückenwaagen stehen und wird erst dann durch Kippung in die Birnen entleert. Wo nicht, wie hier, auch flüssiges Roheisen von den Hochöfen verwendet werden soll, wird die Anordnung einfacher.

Die Sammelpfannen sind so angeordnet, dass jede für jeden Roheisenschmelzofen benutzt werden kann. Für die Spiegelöfen ist keine Sammelpfanne vorgesehen, da man in diesen nur jedesmal soviel niederschmilzt, als für eine Frischhitze erforderlich ist.

Die unter dem benutzten Raume liegenden Gelasse werden zur Thon- und Quarzzerkleinerung durch Kollermühlen, zum Kneten der feuerfesten Massen und wohl auch zum Formen selbst benutzt.

An die nach dem Giessraume fast ganz offene Wand schliesst sich die die Birnen umgebende Sohle unmittelbar an.

Die Birnen (*m m*) sind parallel in derselben Kippaxe angeordnet. Sie werden nicht durch feste Mauern, sondern durch eiserne Pfeiler unterstützt, um freien Durchgang für den die Böden heranbringenden Wagen zu lassen. Die Zapfen sind aus Gusseisen, von sehr grossem Durchmesser und ebenso wie der obere Theil des den Wind zum Boden führenden Rohres direct an das gusseiserne Mantelmittelstück der Birne angegossen. Das Rohr geht in einer Tangentialebene abwärts, wodurch es weniger hinderlich beim Ansetzen des Bodenstücks wird. Die Kippung der Birne erfolgt vermittelst einer durch hydraulischen Kolben bewegten Zahnstange.

Der wichtigste und eigenthümlichste Theil der amerikanischen Birne ist der von Holley erfundene Losboden, d. h. ein Boden, welcher sich schon vor erfolgter Abkühlung der Birne erneuern lässt.

Ein solcher Losboden (*m'* Fig. 353) wird aus gebrannten Steinen auf der Windkastenplatte aufgebaut. Die Fugen zwischen den Steinen wer-

den mit einer zu einem dünnen Brei angerührten Ganistermasse verschmiert oder vergossen. Der fertige Boden kommt in den Trockenofen (*p*), dessen Fassungsraum auf vier Stück berechnet ist, während der Regel nach nur zwei sich gleichzeitig darin befinden. Entweder stehen dieselben einzeln auf Wagen oder zu zweien übereinander. Die Formziegeln für die Böden werden vor ihrer Verwendung in einem besonderen Ofen (*q*) gebrannt. Ist der Boden trocken, so wird er aus dem Ofen gezogen und gelangt unter die Birne, welche ihres alten Bodens vorher entledigt war. Nachdem der untere Theil des Birnenfutters mit einem Thonwulste umlegt ist, wird der neue Boden durch einen hydraulischen Tisch angehoben und ohne grosse Mühe festgekeilt. Jetzt wird der noch bleibende ringförmige Raum sorgfältig mit Ganister ausgestampft und die Birne ist betriebsfähig.

Die Böden hielten früher nur 5 bis 6, später 10 Hitzen aus, jetzt stehen sie 16 bis 20 Hitzen hindurch. Kleine Undichtigkeiten an der ringförmigen Dichtungsfuge können leicht auch während des Betriebes nachgebessert oder durch Anspritzen von Wasser eine Zeit lang vor weiterer Vergrösserung geschützt werden.

Der Boden wird durch eine hydraulische Vorrichtung angehoben. Diese Hebevorrichtung liegt in einem Wagen (*r*), der mit dem Druckwasserrohre durch einen Schlauch verbunden wird. Dieser Wagen kann natürlich nicht gleichzeitig zum Halten der Böden im Brennofen benutzt werden, und es muss daher ein Umladen der Böden durch einen Krahn (*x*, Fig. 352) stattfinden.

Es ist in Folge der Benutzung des Losbodens möglich geworden, an Stelle von 20 Hitzen jetzt ohne Schwierigkeit 35 und 40 Hitzen, selbst 60 und darüber, mittelst eines Birnenpaares in 24 Stunden durchzuführen.

Jede Birne wird hierbei so lange ununterbrochen betrieben, als es die Erhaltung des Bodens gestattet. Dann wird sofort die zweite Birne in Arbeit genommen und inzwischen die erste mit einem neuen Boden versehen. Das Ansetzen des neuen Bodens dauert der Regel nach 45 bis 50 Minuten, jedoch kann es im Nothfalle auch in 30 Minuten vollendet werden, so dass selbst für den Unglücksfall, in welchem der neue Boden der anderen Birne schon bei der ersten Hitze zu stark für einen Fortbetrieb leiden sollte, sofort Ersatz da ist.

Der fertige Inhalt der Birne wird in die Giesspfanne (*s*) entleert, welche an einem Arme des hydraulischen Krahnes hängt. Aus ihr erfolgt der Guss in die in der Giessgrube angeordneten Formen, sei es als einfacher Guss von oben, sei es als Gruppenguss von unten. Die Giessgrubensohle, welche auf anderen Werken oft in einer Ebene mit der Sohle des Bodenwagens liegt, findet sich hier um 1·2 m vertieft.

Die Stopfer für die Giesspfanne, welche durch den Boden ihres Metallinhalts entleert wird, werden in dem Raum (*t*) geformt und gleich daneben (in *u*) gebrannt. Die Böden für die Gruppenformen und die

Eingüsse für dieselben werden ebenfalls in einem besonderen Nebenraume (*v*) gebrannt.

Sehr wichtig für den ganzen Betrieb ist die entsprechende Anordnung der Krähne, welche sämmtlich in der Form hydraulischer Armkrähne hergestellt werden. Die zu bewegende Masse ist sehr bedeutend, denn abgesehen davon, dass alle Gussblöcke aus der Grube gehoben und auf Wagen (*w*) verladen werden müssen, welche sie zum Walzwerk schaffen — man benutzt zur Bewegung eine kleine Locomotive, — so ist es auch noch erforderlich, die Gussformen nach jedem Gusse auszuheben und vor dem Gusse einzusetzen.

Die Gruppenformen müssen die doppelte Bewegung wegen der jedesmaligen Neuherstellung des Bodens und des Eingusses erleiden, die Einzelformen werden nach dem Gebrauche noch warm in eine mit Kalkwasser gefüllte Grube getaucht, um das Anschweissen des flüssigen Metalls an die Wandungen zu verhüten.

Die Krähne, deren vier vorhanden sind, haben eine solche Lage gegen einander, dass drei davon (x, y, z) sowohl die Giessgrube als die Förderbahn für die Giessblöcke (α, β) bestreichen. Der eine Krahn (x) hat gleichzeitig die Aufgabe, die Böden von den Trockenwagen auf den hydraulischen Wagen zu heben und umgekehrt, der andere Krahn (y) bedient auch noch den Ziegeltrockenofen. Der vierte Krahn (γ) endlich bringt nur die Gruppengussformen auf den Wagen, mittelst dessen sie zur Giessgrube und von dort in den Trockenofen zurückgelangen.

Die den Wind zu den Birnen und zu den Schmelzöfen sowie die das Druckwasser von dem Accumulator (δ), welcher in der Ecke des Giesshauses steht, nach den Krähnen, den Kippvorrichtungen, der Bodenhebevorrichtung und den Aufzügen im Giesshause führenden Röhren liegen in gemauerten, jeder Reparatur leicht zugänglichen Canälen (ε).

Wind und Druckwasser bedürfen einer beständigen Regulirung. Die sämmtlichen Zulass- und Absperr-Ventile liegen daher zusammen und zwar auf einer erhabenen Kanzel neben dem Accumulator (ζ, Fig. 352), von wo aus der Betriebsleiter leicht die ganze Giesshütte übersehen kann.

ALPHABETISCHES SACHREGISTER.

A.

B.

C.

D.

F.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Y.

Bemerkung.

Im vorstehenden alphabetischen Sachregister bezeichnet I die erste Abtheilung, II die zweite Abtheilung und III die dritte Abtheilung der Eisenhüttenkunde.

Ergänzungen und Berichtigungen.

Seite 195, Zeile 12 u. f. ist eine Mittheilung, nicht eigene Ansicht von Helmholtz.

Die Seite 252 als „Zehme's Untersuchungen" angegebenen Resultate über das Puddeln kupferhaltigen Eisens sind, wie die S. 236 mitgetheilten Analysen, von Dr. K. List ausgeführt worden und wurden nur zuerst veröffentlicht in dem von dem Director der Anstalt, Dr. Zehme, herausgegebenen Berichte über die Königl. Gewerbschule zu Hagen im Jahre 1859.

Ferner ist zu bemerken, dass durch einen Druckfehler der Quelle S. 237 Manganoxyd statt Thonerde gesetzt ist. Hierdurch wird das daselbst ausgesprochene Bedenken hinsichtlich der Zuverlässigkeit der analytischen Methode gegenstandslos, was im Interesse des verdienstvollen Autors hierdurch gern festgestellt wird.

Seite 352, Zeile 5 von oben lies Figuren 123 und 124, statt Figuren 123 bis 125.

Noch vor der S. 528 angegebenen Methode von Bessemer zur Herstellung von Ferromangan, nämlich schon im Jahre 1864, nahm ein Deutscher, Dr. Oscar Prieger zu Bonn, ein Patent auf die Erzeugung dieser Legirung (A. D. 1864, 2. Juni, Nro. 1366) in England, stellte es gleichzeitig im Grossen dar und brachte es auf den Markt. Nach diesem Verfahren wurde pulverförmiges Manganerz mit Holzkohle und fein vertheiltem Eisen in Tiegeln unter einer Decke von Holzkohlen und schlackenbildenden Substanzen (wie Flussspath, Kochsalz) geschmolzen.

Berichtigung zum alphabetischen Sachregister.

Seite 917 lies Einfluss der Temperaturschwankungen .... auf den Hochofenprocess II, 77 statt Einfluss der Temperaturschwankungen .... bei der Wiederhitzung II, 77.



